Die Bedeutung
der
Frucht- und Samenschale der Compositen für den ruhenden und keimenden Samen.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

VON DER

PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT ZU BERLIN

GENEHMIGT

UND

NEBST DEN ANGEFÜGTEN THESEN ÖFFENTLICH ZU VERTEIDIGEN

AM SONNABEND, DEN 25. APRIL 1891,

VON

RICHARD LOOSE

AUS NEU-RUPPIN.

OPPONENTEN:

Herr cand. phil. AUGUST ZANDER.
Herr Dr. phil. ERNST GILG.
Herr Dd. phil. CARL SCHMIDT.

BERLIN.

DRUCK VON M. DRIESNER, KLOSTERSTR. 50.

Seinen teuren Eltern

in Liebe und Dankbarkeit

gewidmet

vom Verfasser.

Einleitung.

Die Aufgabe vorliegender Arbeit ist es, die mannigfachen Funktionen, welche die Samenhüllen am reifen Samen zu erfüllen haben, wie sie durch die in den letzten zwanzig Jahren zahlreich erschienenen Arbeiten über Frucht- und Samenschalen[1]), besonders aber durch die Abhandlungen von Haberlandt[2]), Marloth[3]), Klebs[4]) und zusammenfassend von Nobbe[5]) und Detmer[6]) im Allgemeinen festgestellt sind, an einem speciellen Falle, den Achänien der Compositen, zu verfolgen und die Beziehungen des anatomischen Baues derselben zu jenen Funktionen klarzulegen.

Schon von Kraus[7]) ist der anatomische Bau einiger Compositenfrüchte beschrieben worden, und Schenk[8]) hat durch die Darstellung des Baues und der Funktionen der verschleimenden Haare und Epidermiszellen einen wichtigen Beitrag zur Kenntnis derselben geliefert. In neuester Zeit ist Heineck in seiner Abhandlung: „Beitrag zur Kenntnis des feineren Baues der Fruchtschale der Compositen.“ Inaug.-Diss. Giessen 1890 auf die mechanische Seite im anatomischen Bau eingegangen und hat auch die Funktionen der übrigen Elemente der Fruchtschale und der Haargebilde berührt.

---

[1]) Ausführliche Verzeichnisse derselben finden sich in den unten anzuführenden Arbeiten von Marloth und Klebs.

[2]) G. Haberlandt: Die Schutzeinrichtungen in der Entwicklung der Keimpflanze. Wien 1877.

[3]) Marloth: Über mechaniche Schutzmittel der Samen gegen schädliche Einflüsse von aussen. (Engler, Botanische Jahrbücher, Bd. IV. pag. 225).

[4]) Klebs: Beiträge zur Morphologie und Biologie der Keimung. (Untersuchungen aus dem bot. Inst. zu Tübingen, herausgegeben von Pfeffer 1881—1885).

[5]) Nobbe: Handbuch der Samenkunde. Berlin 1876.

[6]) Detmer: Vergleichende Physiologie des Keimungsprozesses der Samen. Jena 1880.

[7]) Kraus: Über den Bau trockner Pericarpien (Pringsheim, Jahrbücher für wissenschaftl. Bot. Bd. V. pag. 83).

[8]) Schenk: Zur Kenntnis des Baues der Früchte der Compositen und Labiaten. (Bot. Ztg. 1877 No. 26).

Wenn ich hier die Resultate meiner Untersuchungen veröffentliche, so geschieht dies einerseits, um die bisherigen Arbeiten zu vervollständigen, andererseits, weil ich teilweise zu anderen Ergebnissen als Heineck gekommen bin. Ich werde daher auf dessen Arbeit noch wiederholt zurückkommen, teils, um offenbare Irrtümer richtig zu stellen, teils, um meine abweichenden Ansichten hinsichtlich der Deutung einzelner Thatsachen darzulegen.

Um zunächst eine Gliederung des Stoffes zu gewinnen, sei kurz auf die biologischen Verhältnisse hingewiesen, welche für den reifen Samen in Betracht kommen.

Die Verbreitung der Compositenfrüchte geschieht einesteils durch den Wind, andernteils durch Tiere, an deren Fell die mit Widerhaken oder Stacheln versehenen Früchte hängen bleiben, um an anderen Stellen wieder abgestreift zu werden. Wohl nur in seltenen Fällen sind dieselben darauf angewiesen, von Tieren gefressen zu werden und unverdaut den Magen und Darm derselben zu passieren. Hierhin gehört vielleicht die Frucht von *Osteospermum*, die nach Baillon[1]) mit einer dünnen Fleischschicht und ungemein hartem und starkem Kern versehen ist. Ich habe die Frucht selbst nicht gesehen.

Auf die mannigfachen Vorrichtungen, welche der Verbreitung der Compositenfrüchte dienen, soll hier nicht noch einmal eingegangen werden. Es sei in dieser Beziehung auf die Arbeiten von Hildebrand[2]), Rathay[3]), Kronfeld[4]) und die Darstellung der diesbezüglichen Verhältnisse von Hoffmann[5]) in den „Natürl. Pflanzenfamilien“ hingewiesen. Für eine leichtere Verbreitung der Früchte ist es aber auch von grosser Wichtigkeit, dass dieselben ein möglichst geringes Gewicht besitzen. Dies wird bei vielen Arten, namentlich bei solchen, denen andere Verbreitungsvorrichtungen fehlen, durch die Ausbildung eines specifischen Luftgewebes im Perikarp erreicht.

Schon auf ihrer Wanderung an den Ort der Keimung,

---

[1]) H. Baillon: Le fruit des Osteospermum. (Bullet. mens. Soc. Linn. de Paris 1881 pag. 293), citiert nach Just, Bot. Jahresber. 1880 I. pag. 186.

[2]) Hildebrand: Über die Verbreitungsmittel der Compositenfrüchte. Bot. Ztg. 1872 pag. 1—14.

[3]) Rathay: Über Austrocknungs- und Imbibitionserscheinungen der Cynareen-Involucren. Sitzungsber. der Kaiserl. Akad. d. Wissensch. in Wien, 83. Bd. I. Abt. S. 522—533.

[4]) M. Kronfeld: Über einige Verbreitungsmittel der Compositenfrüchte. Sitzungsber. der Kaiserl. Akad. d. Wissensch. in Wien 91. Bd. I. Abt. S. 414—429.

[5]) Die natürlichen Pflanzenfamilien, herausgegeben von Engler und Prantl. IV., 5. pag. 113.

in höherem Grade noch, wenn sie in das Erdreich gelangt sind und darin eintrocknen oder einfrieren, haben die Früchte Druckwirkungen aller Art auszuhalten, gegen welche der Same geschützt werden muss. Es kommen hinzu die Einflüsse der Temperatur, der Atmosphäre und des Lichtes. Dann ist der Same allen möglichen Angriffen durch Insekten, Schnecken, Pilze u. s. w. ausgesetzt. Gegen alle diese Fährlichkeiten dienen die Samenhüllen als Schutzorgane.

Ist die Frucht an den Ort ihrer Keimung gelangt, so muss dieselbe in dem Erdreich befestigt werden, erstlich, damit sie nicht durch einen stärkeren Wind wieder weggeweht, dann aber namentlich, damit der jungen Keimpflanze eine sich gleichbleibende Lage zur Horizontalen gesichert ist. Diese Aufgabe haben bestimmte Teile der Epidermis oder Anhangsgebilde derselben zu erfüllen.

Die Keimung selbst wird dadurch eingeleitet, dass der Same mit einer genügenden Menge Wasser versorgt wird. Es entsteht nun die Frage, inwieweit die Testa und das Perikarp bei der Aufnahme des Quellungswassers beteiligt sind.

Sobald die physiologischen Prozesse der Keimung selbst begonnen haben, werden die Samenhüllen von der sich entwickelnden Keimpflanze durchbrochen und, nachdem die Teile derselben noch eine Zeit lang dem jungen Keimpflänzchen als Schutz gedient haben, werden sie schliesslich abgeworfen. Sie sind für die heranwachsende Pflanze bedeutungslos.

Was die Samenhüllen selbst betrifft, von denen bisher immer ganz allgemein gesprochen wurde, so ist bekannt, dass in der Familie der Compositen der einzige Same von dem Fruchtknoten eingeschlossen bleibt. Im reifen Zustande ist die Testa in den meisten Fällen so fest mit dem Perikarp verwachsen, dass ihre Trennung nur schwer zu bewirken ist. Diese beiden morphologisch und genetisch ganz verschiedenen Schalen übernehmen hier gemeinschaftlich die Funktionen, welche bei den Samen, die aus der sich öffnenden Frucht ausfallen, die Testa allein zu erfüllen hat, und es ist bemerkenswert, dass ähnliche Vorrichtungen, wie sie sonst an der Testa sich finden, wie z. B. die verschleimenden Zellen, hier dem Perikarp angehören. In welcher Weise sich die beiden Schalen zu gemeinschaftlichen Leistungen ergänzen können, wird unten noch ausführlicher gezeigt werden.

In einzelnen Fällen werden diese beiden Schalen in ihren Funktionen noch unterstützt oder fast ganz ersetzt durch die mit den Früchten mehr oder weniger fest verbunden bleibenden Spreublätter oder Involucralblätter.

In der Nomenclatur und der systematischen Anordnung des Materials bin ich im Grossen und Ganzen Bentham

und Hooker[1]) gefolgt. Es hat sich gezeigt, dass der anatomische Bau der Früchte, speziell der Fruchtschalen innerhalb einer Gattung in den meisten Fällen grosse Übereinstimmung besitzt. Nur in wenigen Gattungen treten grössere Verschiedenheiten bei den einzelnen Arten auf, wie bei *Anthemis, Pyrethrum, Chrysanthemum.* Auch für die einzelnen grösseren Gruppen lassen sich gewisse charakteristische Merkmale auffinden, die fast bei allen dahingehörigen Früchten wiederkehren.

Da ich nur die Bedeutung der Samenschalen für den reifen Samen ins Auge gefasst habe, so habe ich mich meist auch mit der Untersuchung der fertigen Zustände begnügt und bin nur in seltenen Fällen auf frühere Entwicklungsstadien zurückgegangen.

Die Herstellung der Präparate geschah in der Weise, dass die Früchte, nachdem sie einige Stunden bis zwei Tage in Wasser gelegen hatten, zwischen Hollundermark zerschnitten wurden. Auf diese Weise gelang es mir, von den grössten wie von den kleinsten Früchten brauchbare Schnitte herzustellen. Ich habe es nie für nötig befunden, die Einbettungsmethode anzuwenden. Die Schnitte wurden zuerst in Wasser oder Alkohol untersucht und dann in Glycerin aufbewahrt.

I. Das Luftgewebe.

Wenn auch sämtliche Gewebe des ausgebildeten Perikarps im lufttrockenen Zustande Luft führen können, die mechanischen Elemente zumal in den meisten untersuchten Fällen nur Luft als Inhalt hatten, so können dieselben doch nicht als spezifische Luftgewebe bezeichnet werden, da sie vornehmlich anderen Zwecken dienen und für die Aufgabe, die Frucht leichter und beweglicher zu machen, nicht besonders ausgebildet sind. Ein dem letzteren Zwecke dienendes Gewebe muss mit bestimmten Eigenschaften ausgestattet sein, die es für denselben geeignet machen. Die einzelnen Elemente desselben müssen ein möglichst geringes specifisches Gewicht haben, was um so leichter erreicht wird, je grösser dieselben sind. Denn sieht man von dem Gewicht der eingeschlossenen Luft ab, so verhalten sich bei gleichem Materialaufwand, d. h. bei gleichem absoluten Gewicht die specifischen Gewichte zweier Zellen umgekehrt wie ihre Volumina. Eine Zelle von doppeltem Volumen wird also nur das halbe spezifische Gewicht einer anderen Zelle haben, während die Dicke der

[1]) Bentham et Hooker, Genera plantarum, vol. II.

Zellwände bei gleichem Gesamtgewicht derselben in geringerem Masse abnimmt. Es lässt sich also bei gleichem Materialaufwand ein um so leichteres Gewebe herstellen, je grösser die Zellen desselben sind. Andererseits aber wird durch zu starke Vergrösserung der Zellen die Festigkeit eines solchen Gewebes in hohem Masse beeinträchtigt. Wenn nun auch die luftführenden Gewebe der Perikarpien in den meisten Fällen nicht die Aufgabe haben, die Festigkeit des Ganzen zu erhöhen, und wenn man auch ihre Funktion mit dem Augenblicke, wo die Frucht in das Erdreich gelangt, als beendigt ansehen kann, so müssen dieselben doch schon gegenüber dem Drucke durch die benachbarten Früchte innerhalb des Köpfchens eine gewisse Festigkeit besitzen oder doch auf irgend eine andere Weise gegen das Zusammengedrücktwerden geschützt sein. Da dieselben stets an der Oberfläche der Frucht liegen, nur von einer in den meisten hierhergehörigen Fällen dünnwandigen Epidermis bedeckt, so sind sie, abgesehen von wenigen unten näher zu beschreibenden Fällen, hinsichtlich der Festigkeit ganz auf sich selbst angewiesen. Am günstigsten gestalten sich jedenfalls die Verhältnisse, wenn mit möglichst wenig Material eine möglichst grosse Festigkeit der Zellen hergestellt wird.

Demgemäss finden wir, dass die Wände der luftführenden Zellen stets verholzt sind, was mit Phloroglucin und Salzsäure in allen Fällen leicht nachzuweisen war. Dadurch werden die Wände widerstandsfähiger, ohne dass ihr Gewicht beträchtlich vermehrt würde. Durch die Verholzung unterscheiden sich die specifischen Luftgewebe von sonstigen parenchymatischen Geweben, die hinsichtlich ihrer Lage mit jenen übereinstimmen, aber nicht ihre volle Ausbildung für diese Funktion erhalten haben.

Alsdann ist es bemerkenswert, dass die Wände der luftführenden Zellen, abgesehen von wenigen Fällen, wo sie vollkommen dünnwandig geblieben sind, wie in den Flügelzellen von *Actinomeris helianthoides* Nutt., nicht gleichmässig verdickt sind, sondern dass Poren vorhanden sind, deren Zahl mit der Dicke der Wände zunimmt, und deren Grösse in der mannigfachsten Weise variiert, derart, dass sich teils ganz kleine rundliche Poren, andererseits sehr grosse finden, in welchem Falle die damit versehenen Zellen besser als netzförmig verdickte bezeichnet werden. Es ist bekannt, dass durch derartige Konstruktionen mit dem geringsten Materialaufwand die grösste Wirkung erzielt wird. Dies trifft wenigstens für die netzförmig verdickten und die mit grossen Poren versehenen Zellen zu. Dagegen ist nicht wohl einzusehen, dass die kleinen Poren, auch wenn sie zahlreich

sind, eine nennenswerte Materialersparnis mit sich bringen. Dieselben scheinen nur bei der Ausbildung der Zellen Bedeutung gehabt zu haben. Möglicherweise dienen sie auch dazu, den Durchtritt der Luft durch die Zellwände zu erleichtern.

Heineck, der diese Gewebe gleichfalls erwähnt[1]), bezeichnet dieselben als „siebartig durchlöchert". Ich habe aber nicht den geringsten Anhalt, dass diese Ansicht gerechtfertigt sei. Vielmehr habe ich stets gefunden, dass die Objekte das gewöhnliche Bild von Poren oder dünnen Membranstellen, nie von Löchern darboten.

Ist somit nachgewiesen, dass der Bau der Zellen, wie sie sich bei einer grossen Zahl von Compositen im Perikarp finden[2]), den Bedingungen entspricht, welche erfüllt sein müssen, damit das aus ihnen zusammengesetzte Gewebe seine Funktion als specifisches Luftgewebe erfüllen könne, erübrigt nun noch, einige Thatsachen anzuführen, welche dazu dienen können, diese Auffassung zu bestätigen.

Durch Bestimmung des specifischen Gewichtes einiger Früchte ergab sich, dass solche Früchte, in deren Perikarp sich das genannte Gewebe findet, thatsächlich leichter sind als andere, denen dasselbe fehlt. Mit Hülfe des Pyknometers wurde nach der Formel

$$s = \frac{m}{m + Po - P}$$

gefunden für lufttrockene Früchte von

Tragopogon orientalis L. s = 0,903
Carthamus lanatus L. s = 0,927
Silybum Marianum Gaertn. s = 1,078
Helianthus cucumerifolius Torr. et Gray. s = 1,075[3]).

Von den angeführten Arten sind die beiden ersten mit einem Luftgewebe versehen, von denen jedoch das von *Carthamus lanatus* L. noch einer näheren Erörterung unterzogen werden soll, während den beiden letzteren ein solches fehlt. Man sieht, dass Unterschiede im specifischen Gewicht vor-

---

[1]) pag. 9.

[2]) Ich fand ebensolche Zellen auch in den Perikarpien vieler Umbelliferen, so bei *Siler trilobum* Scop., *Imperatoria Ostruthium* L., *Molospermum Peloponnesiacum* Koch, *Archangelica officinalis* Hoffm., dann auch bei anderen aus anderen Familien, wie *Alisma Plantago* L, *Clematis ternifolia* D. C., *Alectorolophus minor* W. et Grab. etc.

[3]) Es ist zu bemerken, dass die Bestimmungen nicht auf grosse Genauigkeit Anspruch machen können, da es nicht möglich war, von einem grösseren Posten von Früchten die anhaftende Luft zu beseitigen, ohne dass eine Durchtränkung derselben mit Wasser zu befürchten war.

handen sind, wenn sie auch keine bedeutende Grösse erreichen. Es ist dabei aber zu bedenken, dass, um einigermassen richtige Resultate zu erhalten, nur grössere Früchte zum Versuche herangezogen, die extremsten Fälle dagegen nicht berücksichtigt werden konnten. Es ergab sich aber für die Früchte von *Leptosyne Douglasii* D. C. und *Picridium tingitanum* Desf., bei denen das luftführende Gewebe etwa $^2/_3$ bis $^3/_4$ des Volumens der ganzen Frucht einnimmt, dass dieselben in absolutem Alkohol nicht untersanken, dass also ihr specifisches Gewicht kleiner ist als 0,8, was allerdings einen bemerkenswerten Unterschied von den nicht mit Luftgewebe versehenen Früchten ergeben würde.

Es entsteht nun die Frage: Bedürfen die Früchte der Compositen eines solchen Gewebes, um für die Verbreitung durch den Wind geeignet zu werden? Gegenüber der mächtigen Ausbildung des Pappus kommt in den meisten Fällen das Gewicht der Frucht kaum in Betracht, da die strahlig ausgebreiteten Pappushaare in der vorzüglichsten Weise als Fallschirm fungieren. Wie wird es aber in den Fällen, wo ein Pappus fehlt? Da findet man häufig, dass ein luftführendes Gewebe an seine Stelle tritt. Die Natur erreicht eben denselben Zweck nicht immer auf die gleiche Weise, sie wendet bald diese, bald jene Form an, ohne dass es möglich wäre, die Ursachen für diese Abwechselungen in allen Fällen festzustellen. Aber sie unterlässt es meist, verschiedene Organe für dieselbe Funktion auszubilden. So zeigt sich auch, dass die Luftgewebe sich mit seltenen Ausnahmen nur bei solchen Arten finden, bei denen entweder gar kein Pappus vorhanden oder ein solcher auf das bescheidenste Mass reduciert ist oder bald abfällt. Sehr deutlich zeigt sich z. B. diese gegenseitige Ersetzung der einen Vorrichtung durch die andere bei der Gattung *Scorzonera*. Während *Sc. villosa* Scop. einen wohlausgebildeten Pappus besitzt, aber im Perikarp keine Zellen, die als specifische Luftzellen bezeichnet werden können, hat *Sc. hispanica* L., bei der der Pappus nur wenig entwickelt ist, ein deutlich ausgebildetes Luftgewebe, das in ziemlicher Mächtigkeit um die mechanischen Elemente herum angeordnet ist. Ähnliche Unterschiede lassen sich auch für verschiedene mit einander verwandte Gattungen angeben.

Nur in wenigen Fällen wurde beobachtet, dass Früchte, die einen Pappus besitzen, ausserdem noch mit einem Luftgewebe versehen sind. So ist bei *Sonchus arvensis* L. ein im Verhältnis zur Grösse der Frucht grosser Pappus vorhanden. Gleichwohl liegen im Perikarp zwei Lagen luftführender, mit grossen Poren versehener Zellen. Dadurch ist allerdings in hohem Grade für eine leichte Ausbreitung

der Früchte gesorgt. Dasselbe Verhältnis findet sich bei *Taraxacum officinale* Web.

Wie von vornherein anzunehmen ist, fehlt das Luftgewebe durchgängig bei denjenigen Früchten, die nicht auf die Verbreitung durch den Wind angewiesen sind. Auch kann es nicht Wunder nehmen, dass sehr kleine Früchte häufig jeder Verbreitungsvorrichtung ermangeln. Denn dieselben besitzen ein so geringes absolutes Gewicht, dass sie nicht zu schnell zu Boden fallen. So haben die kleinen Früchte von *Brachycome iberidifolia* Benth. kein Luftgewebe, wohingegen dasselbe bei den etwa fünfmal so grossen Früchten von *Br. leucanthemifolia* Benth. eine bedeutende Ausbildung erfahren hat. Beiden Arten fehlt der Pappus. Schliesslich möge nicht unerwähnt bleiben, dass in vielen Fällen, wo die Brakteen oder Spreublätter mit den reifen Früchten verbunden bleiben, diese vermöge ihres Aufbaues aus relativ grossen luftführenden Zellen die Funktion übernehmen können, die sonst dem dem Perikarp angehörenden Luftgewebe zufällt.

Wenn somit die Hauptfunktion der Luftgewebe der Perikarpien aus ihrem Bau und ihrem Vorkommen festgestellt ist, so soll doch die Möglichkeit nicht bestritten werden, dass dieselben unter Umständen nebenbei auch andere Funktionen erfüllen können. So wäre es denkbar, dass sie dazu dienen könnten, den Samen in der ersten Zeit der Keimung mit Luft zu versorgen. Doch müssten darüber erst noch genauere Beobachtungen angestellt werden.[1])

Dagegen muss ich entschieden in Abrede stellen, dass diese Gewebe dazu dienen können, die Wasseraufnahme zu erleichtern und eine bedeutendere Wassermenge festzuhalten, die dann auch bei eintretender Trockenheit dem keimenden Samen zu gute kommen kann. Denn ich habe stets beobachtet, dass die Zellen, auch wenn die Früchte 2—3 Tage im Wasser gelegen hatten und der Same selbst von Wasser durchtränkt war, noch vollkommen mit Luft gefüllt waren. Ja sogar bei dünnen Schnitten hielten die unverletzten Zellen die Luft mehrere Tage fest, indem dieselbe offenbar dem Eindringen des Wassers einen energischen Widerstand entgegensetzt. Ich kann es daher nicht recht verstehen, wenn Klebs[2]) bei *Carica*-Arten mit Luft erfüllte Zellen gefunden haben will, die sich durch „lebhafte Wasseraufnahme“ auszeichnen, wofern nicht mit dieser Wasserauf-

---

[1]) Vergl. dazu Fr. Haberlandt: Wie verhalten sich luftleer gemachte Samen beim Keimen? Wissenschaftl. prakt. Unters. auf dem Gebiete des Pflanzenbaues, herausg. v. Fr. Haberlandt, Wien 1875, Bd. I. pag. 104.

[2]) a. a. O. pag. 591.

nahme die Durchtränkung der Zellwände allein bezeichnet werden soll.

Hinsichtlich der Anordnung des Luftgewebes möchte ich zwei Typen unterscheiden, die allerdings durch Übergänge mit einander verbunden sind. Die einen Früchte sind nämlich dadurch ausgezeichnet, dass sich das Gewebe am ganzen Umfange ungefähr gleichmässig verteilt findet, während bei einer zweiten Gruppe die luftführenden Zellen zu Flügeln oder anderen Anhangsgebilden vereinigt sind.

I. Gruppe. Meist radial gebaute Früchte mit allseitig ungefähr gleich starkem Luftgewebe.

Als ein einfaches Beispiel für den ersten Typus wollen wir den Bau des Perikarps von *Brachycome leucanthemifolia* Benth. betrachten. Der Querschnitt zeigt bei dieser Art eine im Allgemeinen elliptische Gestalt, so jedoch, dass an vier den Enden der beiden Axen entsprechenden Teilen das Gewebe mächtiger entwickelt und das Ganze dadurch rhomboidisch wird. Etwa die Hälfte dieses Gewebes, und zwar die nach innen gelegene, wird von eng aneinanderschliessenden, starken mechanischen Zellen eingenommen. Um diese herum liegen grosse luftführende Zellen, die in radialer Richtung etwas mehr als in den beiden anderen ausgedehnt sind, nicht sehr dicke, doch mit zahlreichen grossen, elliptischen, unregelmässig gestellten Poren versehene Wände besitzen.

Es leuchtet ein, dass die hier getroffene Anordnung der beiden verschiedenen Gewebesysteme die rationellste ist. Denn da das Luftgewebe seine Funktion, das spezifische Gewicht der Frucht zu verringern, um so besser erfüllen kann, je ausgedehnter es ist, so wird es da am besten angebracht sein, wo es bei gleicher Dicke das grösste Volumen hat, also möglichst weit vom Mittelpunkte entfernt, während für das mechanische System vor allem der Gesichtspunkt massgebend ist, dass durch den geringsten Materialaufwand die grösste Festigkeit erzielt werde. Da aber die Festigkeit eines Ringes gegen radialen Druck — und nur um einen solchen handelt es sich bei den hier zunächst in Frage kommenden Fällen — um so grösser ist, je kleiner der Krümmungsradius ist, da ferner bei gleicher Dicke eines Hohlcylinders sein Volumen, also auch sein Gewicht um so geringer ist, je kleiner sein Radius ist, so dürfte es keinem Zweifel unterliegen, welches der richtige Ort für diejenigen Elemente ist, die zum Schutze des Samens bestimmt sind. Demgemäss sehen wir in allen Fällen, wo ein luftführendes Gewebe neben einem mechanischen vorhanden ist, ein Streben des ersteren nachder Peripherie, während das mechanische System nach der Innenseite verlegt ist.

An *Brachycome leucanthemifolia* Benth. schliessen sich hinsichtlich der Anordnung des Luftgewebes einige Arten an, bei denen ebenso im Innern ein geschlossener mechanischer Mantel vorhanden ist, um welchen dasselbe ringsherum liegt.

Bei *Heliopsis scabra* Dun. zeigt der Querschnitt einen überall ungefähr gleich dicken Ring mechanischer Zellen und um denselben einen etwa dreimal so dicken Ring grosser, mit zahlreichen kleinen rundlichen Poren versehener Zellen, die in radialer Richtung etwas gestreckt und meist in deutlichen Radialreihen zu drei bis vier angeordnet sind (Fig. 16). Ebenfalls sehr deutlich radial angeordnete Zellen besitzt *Eclipta erecta* L., nur mit dem Unterschiede, dass hier die Zahl der Zellen einer Radialreihe sehr verschieden ist, so dass durch Bündel längerer Reihen bucklige Erhebungen gebildet werden, die der Frucht eine rauhe Oberfläche verleihen.

Auch bei *Achyropappus schkuhrioides* Lk. et Otto umgiebt eine Lage zarter, mit netzförmigen Verdickungen versehener, radialgestreckter Zellen das mechanische Gewebe auf allen Seiten, so jedoch, dass es an den vier Kanten, wo auch der mechanische Ring sehr schwach ist, wenig ausgebildet ist, auch im Übrigen verrät, dass wir es hier mit einer Vorrichtung zu thun haben, die entweder im Schwinden oder erst im Werden begriffen ist. Bei den verwandten Gattungen fehlen diese Zellen gänzlich.

Eine Modifikation der eben besprochenen Anordnung tritt ein, wenn statt des geschlossenen mechanischen Gewebemantels eine Anzahl mechanischer Bündel vorhanden ist, wie bei *Sonchus arvensis* L. und *Taraxacum officinale* Web. Indem hier eine überall ungefähr gleich dicke Zone luftführender Zellen, die mit sehr regelmässig angeordneten grossen Poren versehen sind, so dass sie netzförmig verdickt erscheinen, sich teils über die Bündel hinzieht, teils die Füllmasse zwischen denselben bildet, erscheint diese unregelmässig wellenförmig angeordnet.

Bei den grossen Früchten von *Tragopogon (Tr. orientalis* L. und *Tr. floccosus* W. K.*)* zeigt das Luftgewebe im Querschnitt nicht jene Anordnung in einem zusammenhängenden Ringe. Hier sind nämlich auf den inneren aus sehr stark verdickten Zellen bestehenden Ring in regelmässigen Abständen von einander starke I-förmige Träger aufgesetzt, welche bis an die äussere Epidermis heranreichen. Zwischen diesen Trägern liegt das Luftgewebe, das mächtig entwickelt nach aussen zahlreiche in Längsreihen angeordnete dornartige Fortsätze bildet, namentlich bei *Tr. orientalis* L. Wenn auch die I-förmigen Träger wohl zunächst dazu bestimmt sind, die Biegungsfestigkeit der ganzen Frucht zu erhöhen,

so ist doch nicht zu verkennen, dass dieselben auch imstande sind, die dazwischenliegenden Luftgewebe vor starkem Druck zu schützen. Bei *Tr. floccosus* W. K. (Fig. 10) kommt hinzu, dass sich unter der Epidermis eine aus zwei bis vier Lagen kleiner dickwandiger Zellen bestehende Schicht von einem Träger zum andern hinzieht, nur in der Mitte stellenweise unterbrochen, die offenbar den Zweck hat, das zartere Luftgewebe zu schützen.

Das Luftgewebe selbst besteht hier aus längsgestreckten Zellen, die im Querschnitt kreisrund bis elliptisch sind, 8—10 mal so lang als breit. Die an sich dünnen Wände derselben sind durch ringförmige, teilweise netzförmig mit einander verbundene Verdickungsleisten ausgesteift.

Ganz ähnlich ist der Bau des Luftgewebes bei *Scorzonera hispanica* L., doch ist hier die Anordnung eine insofern andere, als die Verstärkungen des mechanischen Ringes nicht an die Epidermis heranreichen, dagegen der mechanische Ring zwischen jenen sogar stellenweise von dem Luftgewebe durchbrochen wird, das sich hier bis an die Innenseite des Perikarps fortsetzt.

Bei *Hyoseris scabra* L. ist die Anordnung der Gewebe ähnlich wie bei *Tragopogon*, nur mit dem Unterschiede, dass auch hier die fünf auf den mechanischen Mantel aufgesetzten Rippen nicht an die Aussenseite heranreichen, so dass das Luftgewebe überall im Zusammenhange steht. Auch hier liegen unter der Epidermis zwei Lagen kleiner dickwandiger Zellen, die offenhar dem Schutze des Luftgewebes dienen. Die Form der Zellen des letzteren ist hier dieselbe wie bei *Sonchus arvensis* L. Es sind ungefähr isodiametrische Zellen mit sehr regelmässigen netzförmigen Verdickungen. Diese Zellform findet sich nur bei Cichoriaceen.

Aus sehr grossen, relativ dünnwandigen, mit wenig zahlreichen kleinen rundlichen Poren versehenen Zellen setzt sich das Luftgewebe bei *Chrysanthemum segetum* L. zusammen. Der mechanische Ring trägt hier auf der Aussenseite abwechselnd grössere und kleinere Rippen. Über den grösseren liegen zwei bis drei Lagen der beschriebenen Zellen, von der braunwandigen, zusammengedrückten Epidermis bedeckt, während die letztere bis nahe an die kleineren Rippen heranreicht, höchstens durch eine Reihe kleiner parenchymatischer Zellen davon getrennt. Auf diese Weise entsteht eine wellenförmige Anordnung der Gewebe.

Ähnliche Zellformen, doch weit mehr ausgebildet und viel reichlicher entwickelt, weist die Unterfamilie der Calendulaceen auf. Bei allen hierher gehörigen untersuchten Früchten findet sich auf der Innenseite des Perikarps ein

ununterbrochener starker mechanischer Mantel, der nur bei *Dimorphotheca pluvialis* Moench, gleichmässig dick, bei den übrigen ungleich verdickt ist und an den dickeren Stellen bis an die Aussenepidermis heranreicht oder nur durch wenige kleine Luftzellen von derselben getrennt ist, und auf diesen ist das Luftgewebe aufgelagert. Dasselbe erreicht jedoch seine grösste Mächtigkeit einesteils in dornförmigen Fortsätzen, die bei *Calendula persica* C. A. M. und *C. stellata* Cav. sehr lang sind, weniger bei anderen Calendula-Arten, nur die Form stumpfer Höcker haben bei *Dimorphotheca pluvialis* Moench. und gänzlich fehlen bei *Tripteris Vaillantii* Dcne., anderenteils in seitlichen Verbreiterungen der Frucht, die sich beim Trocknen derselben nach innen einrollen, so namentlich bei *Calendula maritima* Guss. und *C. officinalis* L.

Diese Flügel unterscheiden sich durch ihre Zusammensetzung aus grossen luftführenden Zellen, die sogar von einem grossen Gefässbündel durchzogen werden, wesentlich von den drei Flügeln von *Tripteris Vaillantii* Dcne., welch letztere aus englumigen gestreckten Zellen gebildet sind. Die Luftzellen zeigen je nach ihrer Lage verschiedene Grösse und Gestalt; ihre Wände sind ziemlich dick und mit zahlreichen kleinen rundlichen Poren versehen. So wurden z. B. bei *Calendula stellata* Cav. auf einer Fläche von $^1/_{325}$ qmm einmal 93 Poren gezählt.

Eine ganz ähnliche Anordnung wie die Calendulaceen zeigt von den Cichoriaceen *Urospermum picroides* Desf. Hier befinden sich ebenfalls über den mechanischen Zellen verschiedenartig gestaltete Höcker, die ganz und gar, abgesehen von der Epidermis, aus Luftzellen zusammengesetzt sind. Letztere sind nur etwas kleiner und dickwandiger, auch etwas allgemeiner und deutlicher radial gestreckt, schliessen sich aber sonst vollkommen an die der Calendulaceen an.

Die vorgenannten zur I. Gruppe zusammengefassten Arten haben bei grosser Verschiedenheit in der Anordnung und Form der Luftgewebe doch sämtlich das gemeinschaftlich, dass an dem ganzen Umfange der Frucht diese Gewebe vorhanden sind, mögen dieselben nun ein zusammenhängendes Ganzes bilden oder durch die Glieder des mechanischen Gewebesystems in einzelne Portionen zerlegt sein. Allerdings ist nicht zu verkennen, dass der dorsiventrale Bau der Calendulaceenfrüchte, die besondere Bevorzugung der äusseren Seite, wo die Luftgewebe am stärksten entwickelt und die Stacheln am längsten sind, vor allem aber die Ausbildung der seitlichen Flügel einen bedeutenden Unterschied von den übrigen radial gebauten Formen enthält und schon zur zweiten Gruppe überleitet.

II. Gruppe. Meist flache, zweikantige Früchte. Luftgewebe zu besonderen Flügeln oder Wülsten vereinigt.

Von den hierhergehörigen Formen kommt zunächst eine in Betracht, die in der Unterfamilie der Helianthoideen bei zweikantigen Früchten verbreitet ist. Wie bei diesen die Hauptmasse des mechanischen Systems in die Seitenkanten verlegt ist, so findet sich auch das Luftgewebe meist ausschliesslich in diesen Kanten angeordnet. So entstehen seitliche Flügel, die bei geringem Gewicht doch genügende Festigkeit besitzen und die wohl geeignet sind, die Angriffsfläche für Luftströmungen zu vergrössern. Die Funktion dieser Gewebe ist hier also insofern etwas modificiert, als es ausser auf Verringerung des Gewichtes der ganzen Frucht namentlich auf eine Vergrösserung derselben in bestimmtem Sinne abgesehen ist, wobei allerdings der Gesichtspunkt massgebend ist, dass diese Oberflächenvergrösserung mit möglichst geringem Materialaufwand und möglichst zu Gunsten einer Erleichterung der Frucht bewerkstelligt werde. In andenen Fällen, wie bei *Anacyclus (A. clavatus* Pers. und *A. radiatus* Loisl.) und bei *Soliva sessilis* R. et P. findet man hingegen, dass dieser Gesichtspunkt nicht in Betracht kommt, und dass die seitlichen Flügel gänzlich aus dickwandigen, längsgestreckten Zellen bestehen.

Was die verwendeten Zellformen anbetrifft, so kehren hier dieselben oder doch ähnliche wieder wie in der ersten Gruppe. Sehr zartwandig und kaum mit einer Andeutung von Poren versehen sind die Zellen in den grossen Flügeln von *Actinomeris helianthoides* Nutt., sowie in den kleinen Flügeln von *Spilanthes Acmella* L. und von *Bidens radiatus* Thuill., mit kleinen rundlichen Poren versehen bei *Bidens cernuus* L., *Charieis heterophylla* Cass. und in den Flügeln von *Sanvitalia procumbens* Lam. Bei der letztgenannten Art kommt das auch schon bei *Actinomeris* angedeutete Streben zum Ausdruck, der Frucht nicht nur durch seitliche Flügel eine grössere Fläche zu geben, sondern dieselbe auch noch durch andere Mittel leichter zu machen. Während dort das die Flügel bildende Gewebe sich über den ganzen Umfang der Frucht hinzieht, wenn auch in geringer Mächtigkeit, kommen hier zu den seitlichen Flügeln bucklige Erhebungen auf der ganzen Oberfläche der Frucht, die aus zarten, mit netzformigen Verdickungen versehenen Zellen bestehen.

Ähnliche Zellen finden sich in der Gattung *Zinnia.* Hier sind auf die seitlichen mechanischen Bündel radial gestreckte Zellen aufgesetzt, die mit ringförmigen, mit einander verbundenen Verdickungsleisten versehen sind. Die

Länge dieser Zellen ist am grössten in der Scheitelregion der Flügel und nimmt von da allmählich ab. Am ausgebildetsten sind sind sie bei *Z. verticillata* Andr. (Fig. 15) und *Z. multiflora* L., weniger entwickelt bei *Z. aurea* Hort., während sie bei den kleinen Früchten von *Zinnia Haageana* Rgl. ganz fehlen.

Andeutungen einer Ausbildung derartiger Zellen finden sich noch bei anderen Arten der Helianthoideen, während bei den meisten die gleichgelegenen Parenchymzellen nicht zu Luftzellen ausgebildet, sondern für den reifen Samen ohne Bedeutung werden. Man findet hier wiederum die auch bei anderen Verhältnissen sich geltend machende Thatsache bestätigt, dass die Familie der Compositen noch in voller Entwicklung begriffen ist.

Einen von dem der Helianthoideen abweichenden Bau der Flügel zeigt die Gattung *Lactuca*. Hier sind die mechanischen Bündel fast ganz an die äusserste Kante der Flügel verlegt und auf der Aussenseite nur noch von wenigen Luftzellen bedeckt, während die Verbindung mit dem übrigen Perikarp allein durch die Luftzellen geschieht, die hier den für die Cichoriaceen charakteristischen Bau zeigen.

Die bedeutendste Ausbildung zeigt das Luftgewebe bei *Leptosyne Douglasii* D. C. und *Picridium tingitanum* Desf. Bei beiden ist das mechanische System wenig entwickelt. Grössere Bündel mechanischer Zellen liegen nur am Grunde der grossen Flügel, die sonst ganz von Luftgewebe gebildet sind. Bei *Lept. Dougl.* ist auf jeder Seite ein solcher Flügel vorhanden, der aus grossen dünnwandigen, mit kleinen rundlichen Poren versehenen Zellen zusammengesetzt ist, und ausserdem ein kleinerer an der Innenseite der Frucht. *Picridium tingitanum* Desf. dagegen besitzt vier ungefähr gleich grosse zu zweien sich diametral gegenüberliegende Flügel, die aber hier wiederum aus solchen netzförmig verdickten Zellen zusammengesetzt sind, wie sie sich meist bei den Cichoriaceen finden. (Fig. 14).

Zu eigentümlichen Gebilden, wie ich sie sonst nirgends beobachtet habe, sind die zartwandigen grossen Luftzellen vereinigt bei *Coreopsis coronata* Hook. Hier liegt auf der etwas konkaven inneren Seite in der Nähe des oberen und unteren Endes der Frucht je ein ungefähr ellipsoidischer Wulst, der ganz aus solchen Zellen besteht.

Sämtliche hier zur 2. Gruppe gestellten Arten zeichnen sich dadurch aus, dass bei ihnen das Luftgewebe auf bestimmte Regionen der Frucht beschränkt ist und in diesen eine besondere Ausbildung erfährt. Aber es hat sich gezeigt, dass sich auch hier wieder Annäherungen an den ersten Typus vor-

finden. Selbst der bilaterale Bau, den die Früchte dieser Gruppe meist zeigen, trifft für *Picridium* nicht vollkommen zu, und nur wegen der deutlichen Sonderung der einzelnen Gewebemassen wurde es hierher gestellt.

In allen vorher betrachteten Fällen war die Bedeutung der beschriebenen Gewebe als spezifische Luftgewebe unzweifelhaft, da sie die für dasselbe geforderten Eigenschaften in vollkommener Weise besitzen. Dagegen zeigen von den Helianthoideen *Heliopsis buphtalmoides* Dun., von den Cynaroideen *Carthamus lanatus* L. und *C. tinctorius* L., von den Anthemideen *Chrysanthemum coronarium* L. einen Bau des Perikarps, der eine besondere Betrachtung erfordert. Hier besitzen, abgesehen von der Epidermis, sämtliche Zellen des Perikarps ungefähr gleiche Beschaffenheit, auch eine ziemlich gleiche Dicke der Wände, die mit zahlreichen rundlichen Poren versehen sind. Aber während die innersten Zellen sehr dünn und langgestreckt sind, nimmt nach aussen hin die Länge ab, die Breite und Dicke zu, und die äussersten Zellen sind schliesslich fast isodiametrisch und so gross, dass die Wanddicke gegenüber der Grösse des Lumens nicht allzu beträchtlich ist. Bei den drei ersten Arten findet sich innerhalb dieser Gewebe eine aus braunen bis schwarzen Massen gebildete Zone, von der später noch die Rede sein wird. Dieselbe entspricht der gleichartigen Zone, die bei anderen Arten, wie z. B. auch bei *Heliopsis scabra* Dun., zwischen dem mechanischen und dem Luftgewebe liegt. Dies legt die Vermutung nahe, dass auch hier das ausserhalb derselben befindliche Gewebe als Luftgewebe aufzufassen ist. Allerdings sieht man, dass der Unterschied in der Form der Zellen auf beiden Seiten dieser Zone bei *Heliopsis buphtalmoides* Dun. ein bedeutender ist, indem die äusseren Zellen sämtlich viel kürzer und dicker als die inneren sind. Dagegen gleichen bei *Carthamus* die der schwarzen Zone aussen zunächst anliegenden Zellen noch vollkommen den inneren, und erst allmälich vollzieht sich der Übergang zu isodiametrischen. Bei *Chrysanthemum coronarium* L. endlich fehlt jene Zone ganz, und es haben hier noch Zellen, die der Aussenseite nahe liegen, bei ziemlich grossem Querschnitt meist eine beträchtliche Länge. Erst die beiden äussersten Zellreihen zeigen eine merkliche Verkürzung. Nur in den beiden ungleich grossen seitlich angebrachten Fortsätzen ist auch hier eine grössere Menge ungefähr isodiametrischer Zellen vorhanden. Die Übereinstimmung der sämtlichen Zellen erstreckt sich auch auf ihre Form. Stets sind die seitlichen Wände derselben, namentlich die Radialwände, gewellt, wodurch die Verbindung der Zellen unter einander eine sehr feste wird, und diese Wellung macht

sich auch noch bei den dickeren Zellen bemerkbar (Fig. 4). Nur den äussersten Zellen fehlt sie.

Es fragt sich nun, ob hier auch von einem specifischen Luftgewebe die Rede sein kann und wo man in diesem Falle die Grenze zwischen diesem und dem mechanischen Gewebe ziehen soll.

Sämtliche Zellen des Perikarps sind mit Luft erfüllt, und, wie sich gezeigt hat, wird dieselbe durch Wasser nur schwer daraus verdrängt. Wie oben angegeben, beträgt das specifische Gewicht von *C. lanatus* L. nur 0,927, während sich z. B. für *Silybum Marianum* Gaertn. s = 1,078 ergab. Es ist also unzweifelhaft, dass das mächtig entwickelte Perikarp für die Verringerung des specifischen Gewichtes der Früchte nicht ohne Bedeutung ist, zumal jede andere Verbreitungsvorrichtung fehlt. Auch lehrt der Vergleich mit *Heliopsis scabra* Dun., dass man die äusseren Partien nicht wohl anders auffassen kann. Andererseits aber müsste die bedeutende Stärke der Zellwände als überflüssig und die Bedürfnisse eines Luftgewebes für seine eigene Festigkeit weit übersteigend bezeichnet werden, und bei dem Versuche, eine Grenze zwischen beiden Gewebesystemen zu ziehen, würde man auf die grössten Schwierigkeiten stossen. Es bleibt daher kein anderer Ausweg möglich als zu erklären, dass in den angeführten Fällen die Arbeitsteilung nicht vollständig durchgeführt ist, dass vielmehr sämtliche Zellen die eine wie die andere Funktion zu erfüllen haben, nur die inneren in höherem Masse die Funktion der Festigung, die äusseren diejenige, die Frucht leichter und transportfähiger zu machen. Soviel aber ist klar, dass durch diese Anordnung der Erfüllung der zweiten Aufgabe Eintrag geschieht zu Gunsten einer hervorragenden Festigkeit des Perikarps.

II. Die Einrichtungen zum Schutze des Samens.

Wenn es auch im Allgemeinen nicht zweifelhaft sein kann, dass der ruhende Embryo eines gewissen Schutzes gegen die mannigfachsten Einflüsse bedarf, so ist es doch nicht leicht, genau festzustellen, welcher Art diese Einflüsse sind und in welcher Stärke sie auf den Samen wirken. Die diesen Gegenstand behandelnden Arbeiten rufen den Eindruck hervor, als sei aus den wirklich vorhandenen Schutzeinrichtungen auf deren Bedürfnis geschlossen worden und als seien auf diese Weise die schädlichen Einflüsse, denen der Same ausgesetzt sein soll, festgestellt worden. Genauere und eingehendere Beobachtungen und Versuche z. B. über die Grösse

des Druckes, den ein Same beim Eintrocknen des Erdreiches je nach der Zusammensetzung desselben erleidet, über den Einfluss des Lichtes auf die Erhaltung der Keimfähigkeit u. s. w. fehlen zur Zeit noch gänzlich, und auch die Versuche über den Einfluss des Wassers und der wechselnden Temperatur erstrecken sich auf eine so geringe Zahl von Versuchsobjekten, dass daraus noch keineswegs allgemeine Schlüsse hergeleitet werden können.

Wenn man ferner die Verschiedenheiten berücksichtigt, welche die Samen selbst hinsichtlich ihrer Zusammensetzung, des Stadiums ihrer Ausbildung auf der Pflanze und der dadurch bedingten Dauer der Samenruhe besitzen, so wird die ausserordentliche Mannigfaltigkeit in der Grösse und Stärke der Ausbildung schützender Elemente selbst bei Pflanzen, die unter gleichen Bedingungen leben, erklärlich. Es ist eben eine grosse Reihe von Faktoren, von denen der Bau der Samenhüllen abhängt, und ehe alle diese Verhältnisse nicht genau erforscht sind, wird es auch nicht möglich sein, die allerdings als wahrscheinlich anzusehende Übereinstimmung dieses Baues mit den thatsächlichen Bedürfnissen nachzuweisen.

Heineck stellt zwar im Anfange seiner Arbeit die Fährlichkeiten, denen der Same ausgesetzt ist, im Allgemeinen zusammen, kommt aber bei der speciellen Darstellung des mechanischen Systems kaum wieder darauf zurück. Auch die Ausführungen Marloths sind nur als ein Versuch anzusehen, die mannigfachen in den Samenschalen auftretenden Zellformen aus den Verhältnissen, unter denen die Verbreitung des Samens erfolgt, herzuleiten. Er selbst giebt zu, dass „es uns noch lange nicht möglich sei, überall anzugeben, welchen veränderten Bedingungen der veränderte Bau entspricht.“ Deshalb muss sich auch die vorliegende Arbeit darauf beschränken, auseinanderzusetzen, dass die Frucht- und Samenschalen vermöge ihres Baues imstande sind, als Schutzorgane für den Samen gegen mechanische Einwirkungen zu dienen, ohne dass in jedem einzelnen Falle untersucht werden kann, inwieweit derselbe dieses Schutzes bedarf. Am vollständigsten finden sich die hier in Betracht kommenden Verhältnisse behandelt in der angeführten Arbeit von G. Haberlandt, auf die deshalb verwiesen sei.

Wenn bei den Compositen auch das Perikarp und die Testa gemeinschaftlich die Funktionen des Schutzes übernehmen und in mannigfach wechselnder Weise bald dem einen, bald dem anderen Organ die Hauptrolle hierbei zufällt, so scheint es mir doch nicht richtig, wie Heineck es gethan hat, bei einer Darstellung des Baues der Frucht-

schale ohne weiteres einzelne Teile der Testa mit dieser zu vereinigen und nach dem Bau des so konstruierten Gebildes die Arten zu gruppieren. Ich werde daher im Folgenden die Betrachtung des Baues der Testa trennen von der des Perikarps, so dass die Rolle jedes einzelnen Organes deutlicher hervortritt.

Nur kurz hingewiesen sei auf die Bedeutung, welche teils die Brakteen des Involucrums, teils die auf dem Receptaculum stehenden Spreublätter haben, wofern sie mit der Frucht bis zur Keimung verbunden bleiben. Als Beispiel eines fast vollständigen Ersatzes der Funktionen des Perikarps durch die Brakteen kann die Gattung *Echinops* dienen. Bei *Rhagadiolus stellatus* Gaertn. aber zeigt sich deutlich, wie das mechanische System der Fruchtschale durch dieselben eine Unterstützung erhalten kann. Hier legen sich nämlich die Brakteen des Involucrums fest an die äussere Seite der Achänien an und fallen mit denselben vom Körbchen ab. Während nun die von den Brakteen nicht bedeckte innere Seite des Perikarps ganz aus stark verdickten, eng zusammenhängenden mechanischen Zellen besteht, sind auf der äusseren diese Zellen häufig unterbrochen durch grosse zartwandige Parenchymzellen, so dass nur einzelne mechanische Bündel übrig bleiben.

In anderen Fällen, wo die Brakteen oder die Spreublätter die Frucht vollkommen umschliessen, ist ihr Einfluss auf die Entwicklung des Perikarps weniger deutlich, doch ist auch hier ihre mechanische Bedeutung nicht zu bezweifeln.

Bei weitaus der grössten Zahl der Arten ist die Frucht jedoch nach ihrem Abfall von der Mutterpflanze vollkommen auf sich selbst angewiesen und gewährt dem Samen den nötigen Schutz lediglich durch Testa und Perikarp.

Die Testa zeigt eine ebenso grosse Gleichförmigkeit in der Anordnung wie Mannigfaltigkeit in der Ausbildung der einzelnen Schichten. Überall findet sich auf der Innenseite eine Schicht deutlicher Zellen mit mehr oder weniger dicken Wänden und körnigem, eiweissreichem, jedoch von Stärke freiem Inhalt. Die Form der Zellen ist in der Fläche quadratisch bis polygonal, ihre Höhe wechselt sehr nach den einzelnen Arten, so dass einerseits fast isodiametrische, andererseits flache tafelförmige Zellen vorkommen. In den meisten Fällen sind dieselben nur in einfacher Lage vorhanden, doch habe ich zwei Lagen namentlich in Fällen gefunden, wo die äusseren Schichten der Testa wenig entwickelt sind, wie bei *Zinnia multiflora* L., sämtlichen Senecioideen, vielen Cichoriaceen, namentlich aber bei *Echinops*, wo die Zellen sehr hoch und stark verdickt sind, offenbar,

um die durch das Perikarp nicht gewährte Festigkeit gegen radialen Druck wenigstens in etwas zu ersetzen.

Ich habe es mir versagen müssen, die Entstehung der Testa entwicklungsgeschichtlich zu verfolgen. Gleichwohl glaube ich nicht fehlzugehen, wenn ich die beschriebenen Zellen wegen ihrer grossen Ähnlichkeit mit den Endospermzellen vieler Samen, z. B. der Umbelliferen, und wegen ihres unmittelbaren Anschlusses an den Embryo als die äusserste Schicht des ursprünglichen Endosperms ansehe. Alle ausserhalb dieser Schicht gelegenen Teile müssten demgemäss ausser aus den Resten des Nucleusgewebes aus dem einen Integument hervorgegangen sein, was mit den von Hegelmaier[1]) beschriebenen Vorgängen innerhalb desselben im Einklang steht. Denn in allen untersuchten Fällen zeigte die Testa in ihrem mittleren Teile nur ein undeutliches, oft auf ein unscheinbares Häutchen reduciertes braunes Gewebe, welches die Zellstruktur nur in wenigen Fällen deutlicher erkennen lässt. Dasselbe ist offenbar durch Verschleimung und Zusammenpressung der inneren Integumentzellen entstanden. Nur die äusseren Teile dieser Schicht besitzen manchmal noch deutliche Zellen, wie bei vielen Arten von *Centaurea;* ja bei einigen Arten von *Arctium* sind dieselben sogar mit netzförmigen Verdickungen versehen, bei anderen, sowie auch bei *Carthamus*, haben sie in Reihen angeordnete Poren. Die äusserste Lage der Testa unterscheidet sich in den meisten Fällen fast garnicht von den darunter liegenden Zellen, ist sogar häufig in jenen Prozess der Verschleimung und Zusammendrückung hineingezogen. Dahingegen ist dieselbe in anderen Fällen in einer Weise ausgebildet, dass ihr eine grössere oder geringere mechanische Bedeutung nicht abgesprochen werden kann.

Bei der einzigen untersuchten Art aus der Gruppe der Mutisiaceen, bei *Anandria Bellidiastrum* D. C., besteht dieselbe aus langgestreckten, um vieles längeren als breiten, keilförmig ineinandergeschobenen verholzten Zellen, die im allgemeinen ziemlich dünnwandig sind. Dieselben besitzen aber auf den aneinanderstossenden Radialwänden starke Verdickungsleisten, die, etwa die mittlere Hälfte der Wände einnehmend, auf jeder Seite ein Viertel vollkommen unverdickt übrig lassen. Im Querschnitt zeigen sie eine linsenförmige bis kreisrunde Form (Fig. 17). Indem diese Leisten überall untereinander im Zusammenhange stehen, bilden sie ein den Samen allseitig bedeckendes festes Netzwerk.

[1]) Hegelmaier: Über den Keimsack einiger Compositen und dessen Umhüllung. Bot. Ztg. 1889. pag. 805.

In der Gruppe der Asteroideen sind die betreffenden Zellen ebenfalls in der Mehrzahl der Fälle langgestreckt und zugespitzt, auch liess sich die Verholzung durch Phloroglucin und Salzsäure stets nachweisen. Die Verdickungsmassen sind hier angeordnet wie bei den öfter beschriebenen becherförmig verdickten Zellen, in der Weise, dass die Aussenwände am stärksten verdickt sind und die Verdickung der Seitenwände nach innen zu abnimmt, während die Innenwände vollkommen dünnwandig, oft mit den darunterliegenden verquollenen Zellen innig verschmolzen sind, welch letztere sich vielfach in das Lumen der verdickten Zellen hineindrängen. Es ergiebt sich daraus, dass allein die verdickten Wände für den reifen Samen von Bedeutung sind. Die Stärke der Verdickung ist bei den einzelnen Arten sehr verschieden, auch die Form und Grösse der Zellen wechselt mannigfach. Aber eine bedeutendere Abweichung von dem beschriebenen Bau zeigt nur *Callistephus chinensis* Nees. (Fig. 5 und 6). Hier sind die Zellen sehr hoch und weniger lang. Ihre Form ist daher eine tafelförmig-prismatische. Bei diesen ist aber die Aussenwand dünn, während die Innenwand gewöhnlich mehr oder weniger verdickt ist. Die stärksten Verdickungen besitzen jedoch die Seitenwände und zwar namentlich in ihrem mittleren Teile.

Diese Zellform bildet den Übergang zu den ausgesprochenen Palissadenzellen, wie sie bei den Cynaroideen Regel sind. Bei diesen zeigen die äusseren Zellen der Testa im allgemeinen die Form wie die vielfach beschriebenen Zellen in der Testa der Leguminosen und anderer Familien (Fig. 3). Sie sind annähernd radial gestellt, jedoch in allen untersuchten Fällen mit einer grösseren oder geringeren Neigung gegen die Richtung der Radien und zwar so, dass sie von aussen nach innen ansteigen. Die sogenannte Lichtlinie fehlt hier in den meisten Fällen, eine Andeutung derselben findet sich nur bei einigen Arten von *Centaurea*. Diese Zellen besitzen ausserordentlich starke, zahlreiche Verdickungsleisten, welche nur schmale Spalten zwischen sich lassen oder auch vollkommen zu einem Cylinder geschlossen sind. Diese Leisten reichen meist bis an das obere und an das untere Ende der Zelle heran. In einzelnen Fällen, wie bei *Onopordon*, bleibt ein kleiner Teil des unteren Endes unverdickt, während bei *Carduus acanthoides* L. die Zellen in ihrem nach aussen gelegenen Teile weithin dünnwandig bleiben (Fig. 2). Die Länge der Zellen ist eine sehr verschiedene und wechselt mannigfach selbst bei den Arten einer Gattung. Sehr kurz sind sie bei *Carthamus*, wo das Perikarp eine sehr starke Ausbildung erhalten hat, ihre grösste Länge

erhalten sie bei *Centaurea alpina* L. und bei *Onopordon*, namentlich *O. horridum* Viv., *O. tauricum* W. und *O. virens* D. C., bei denen infolgedessen das Perikarp nur schwach entwickelt ist. Bei der letztgenannten Gattung kommt eine Eigentümlichkeit hinzu. Während in den meisten Fällen die Palissadenzellen sämtlich ungefähr gleich lang sind, wechseln hier Gruppen von kürzeren mit solchen bedeutend längerer, so dass die Oberfläche der Testa rauh und bucklig wird.

Es fragt sich nun, welche Funktionen die Testa vermöge ihres Baues zu erfüllen imstande ist.

Ich habe beobachtet, dass die inneren weissen Zellen der Testa für gelöste Stoffe sehr schwer durchlässig sind. Bei Körnern, welche mehrere Tage in einer schwachen Lösung von Eisensulfat gelegen hatten, hatte die Testa noch keine Spur des Salzes in ihre inneren Schichten aufgenommen oder durch dieselben in das Innere des Samens eindringen lassen, während das Wasser denselben vollständig durchtränkt hatte. In gleicher Weise resistent erwies sich dieselbe gegen das Eindringen von Anilinfarbstoffen, wie Methylenblau. Es wäre also denkbar, dass diese Schicht nur für Wasser durchlässig ist und dasselbe sogar mit einer gewissen osmotischen Kraft anzieht, dass dagegen gelöste Substanzen, mögen dieselben nun von krystalloider oder colloider Beschaffenheit sein, nicht durch dieselbe hindurchgehen. Es würde also die Testa thatsächlich imstande sein, wie auch Haberlandt[1]) annimmt, die Masse des quellenden Samens bis zum Eintritt der Wachstumserscheinungen zusammenzuhalten. Dies thut sie aber nicht nur in dem angegebenen physikalischen Sinne, sondern auch rein mechanisch. Da die Zellen der inneren Schicht meist ziemlich derbwandig sind und fest mit einander zusammenhängen und da infolgedessen diese Schicht eine ansehnliche Festigkeit gegen Zerreissung besitzt, so ist sie wohl imstande, eine Trennung der Elemente des Samens, etwa durch Spannungsdifferenzen zwischen den in verschiedenem Turgescenzzustande sich befindenden Zellen, entgegen zu wirken. Ich habe stets gefunden, dass die Testa, zumal da sie die Fähigkeit starker Quellung besitzt, bis zum Durchtritt der Radicula durch die Micropyle gänzlich intakt blieb.

Die eigentümlichen Verdickungsleisten, wie sie bei *Anandria Bellidiastrum* D. C. beschrieben sind, kann man wohl mit Recht als eine Einrichtung auffassen, die dazu dient, die Testa für genannten Zweck geeigneter zu machen. Man kann das aus jenen langen, nur auf Zugfestigkeit gebauten

[1]) G. Haberlandt: Die Schutzeinr. in d. Entw. d. K. pag. 16.

Strängen gebildete Netzwerk mit dem Netzwerk vergleichen, mit welchem man einen Luftballon zu überziehen pflegt, um demselben grössere Festigkeit gegen einen von innen wirkenden Überdruck zu geben.

In gleicher Weise kann die äusserste Zellschicht der Testa der Asteroideen wirksam sein. Da aber hier durch die dickwandigen Aussenwände der Zellen in Verbindung mit den verdickten Seitenwänden ein ununterbrochenes festes Gewölbe gebildet wird, so muss man dieser Schicht gleichzeitig die Funktion zusprechen, für welche in viel ausgesprochenerer Weise die Testa der Cynaroideen ausgebildet ist, dem Samen Schutz gegen einen von aussen wirkenden radialen Druck zu gewähren.

Da diese Art von Druckwirkung auch bei dem Bau des Perikarps hauptsächlich in Betracht kommt, so mögen einige Erörterungen theoretischer Natur hier Platz finden.

Es ist eine allgemein bekannte Thatsache, dass bogenförmig aneinandergereihte, gut aufeinandergepasste Steine eine ausgezeichnete Tragkonstruktion bilden. Es kann daher nicht Wunder nehmen, dass eine ähnliche Konstruktion bei Samen, die doch namentlich des Schutzes gegen Druck bedürfen, vielfach angewendet ist. Wenn es auch für den vorliegenden Zweck viel zu weit führen würde, die Theorie der Gewölbe ausführlich zu erörtern und den Zusammenhang zwischen den angewendeten Konstruktionsformen und der sich daraus ergebenden Festigkeit mathematisch zu entwickeln, so kann doch eine Vergleichung mit den für den Bau der Gewölbe massgebenden Prinzipien einigen Aufschluss über die Zweckmässigkeit der Schutzeinrichtungen des Samens geben.

Man kann die Testa einer Cynaroideen-Frucht sehr wohl vergleichen mit einem Tunnelgewölbe, wie es im sogenannten „schwimmenden Gebirge“ angewandt wird, wo stets ausser dem oberen Gewölbe ein Sohlengewölbe vorhanden sein muss, welche beide zusammen eine Röhre bilden. Die Theorie der Gewölbe lehrt[1]), dass der Querschnitt dieser Röhre am zweckmässigsten elliptisch ist, wobei die grosse Axe vertikal stehen muss, d. h. parrallel zur Richtung des grössten Druckes. Die Cynareenfrüchte zeigen nun allerdings häufig eine mehr oder weniger vollkommen elliptische Gestalt. Aber es lässt sich nicht erwarten, dass sie im Erdreich ihre grosse Axe immer in die Richtung des grössten Druckes stellen; das Gegenteil ist viel wahrscheinlicher. Soll aber die Frucht allseitig gegen Druck in gleicher Weise geschützt sein, so

[1]) W. Ritter; Die Statik der Tunnelgewölbe. Berlin 1879. pag. 57.

würde ein kreisförmiger Querschnitt die zweckmässigste Form sein. Dieser Form kommen die Asteroideen und zum Teil auch die Cynaroideen ziemlich nahe; wo aber grössere Abweichungen vorhanden sind, da sind sie herbeigeführt durch die Bedingungen, denen die Früchte bei ihrer Entwicklung ausgesetzt waren; sie sind für die fertige Frucht nicht vorteilhaft; doch ist ihr Einfluss von untergeordneter Bedeutung. Wird auf jedes Element eines kreisförmigen Querschnittes ein gleicher Druck ausgeübt, so hängt die Festigkeit des Gewölbes offenbar nur von der Festigkeit der einzelnen Elemente ab. Übersteigt der Druck nicht die Elastizitätsgrenze derselben, so wird er allerdings eine geringe Zusammendrückung des ganzen Gewölbes, aber nicht einen Bruch desselben herbeiführen können, vorausgesetzt, dass sämtliche Elemente in Grösse und Beschaffenheit gleich sind. Da der auf die Aussenfläche ausgeübte Druck sich auf die benachbarten Elemente überträgt, so ergiebt sich, dass jeder Teil der Zellen einen um so geringeren Druck auszuhalten hat, je grösser die Trennungsflächen sind. Es wächst also die Festigkeit dieses Gewölbes mit der Länge seiner Elemente.

Ein derartiger allseitig gleichmässig wirkender Druck kommt aber bei Gewölben nie vor. Auch bei den Früchten wird er im allgemeinen selten sein. In jedem Falle aber, wo die Elemente des Gewölbes nicht gleich stark gedrückt werden, treten Spannungen in demselben auf, die bei falscher Konstruktion desselben zum Bruche des Gewölbes oder zu Verschiebungen der einzelnen Elemente führen können. Dasselbe findet statt, wenn der Querschnitt eine von der Kreisform abweichende Gestalt hat. Für diese Fälle liefert die sogenannte Drucklinie ein deutliches Bild von der Wirksamkeit des Gewölbes, sowie von der Beanspruchung der einzelnen Elemente. Die Drucklinie wird konstruiert, indem man, von dem Scheitel des Gewölbes beginnend, für jedes Element die Richtung des Druckes konstruiert, den dasselbe auf das folgende ausübt. Das aus diesen Richtungslinien zusammengesetzte Polygon wird die Drucklinie des Gewölbes genannt. Für den Gleichgewichtszustand des Gewölbes ist es vor allem notwendig, dass diese Drucklinie nicht aus dem Gewölbe heraustritt. Diese Bedingung ist um so leichter zu erfüllen, je dicker das Gewölbe ist, je länger also die einzelnen Elemente sind. Die Grenzen der zulässigen Belastungen rücken in gleichem Masse auseinander. Für einen grösseren Druck ist aber ausserdem erforderlich, dass das Gewölbe eine genügende Krümmung besitze. Nimmt die Krümmung ab, so wird schliesslich einmal der Fall eintreten, dass es nicht mehr möglich ist, die einem gewissen Drucke entsprechende

Drucklinie ganz innerhalb des Gewölbes verlaufen zu lassen. Dann sind die Bedingungen der Statik des Gewölbes nicht mehr erfüllt, es zerbricht an irgend einer Stelle. Das Mass der zulässigen Belastung eines Gewölbes wird demnach um so geringer sein, je grösser der Krümmungsradius ist. Bei unendlich grossem Krümmungsradius genügt schon ein sehr geringer Druck, um eine Verschiebung der Elemente herbeizuführen. Deshalb ist die Gewölbekonstruktion nicht mehr brauchbar, wo es sich um Bogen mit schwacher Krümmung handelt, und aus diesem Grunde finden wir stets, dass bei den Früchten in längsverlaufenden Bogen, deren Krümmung sehr klein ist, andere Konstruktionen, zumeist Trägerkonstruktionen vermittelst langgestreckter, ineinandergekeilter Zellen angewandt sind. Als eine Übergangsform zwischen den wirklichen Gewölbekonstruktionen und jenen Träger- oder Bogenkonstruktionen kann man die schiefgestellten Palissadenzellen der Cynaroideen ansehen, wenn man dieselben auf einem Längsschnitt betrachtet.

Bei dem Aufbau des Perikarps zeigt sich ebenfalls überall ein Bestreben, dem Samen gegen radialen Druck den nötigen Schutz zu gewähren. Gleichzeitig aber soll der Frucht eine gewisse Biegungsfestigkeit gegeben werden, die doch auch unter Umständen beansprucht wird. Schon aus diesem Grunde sind hier niemals die kurzen, radialgestellten Elemente zur Verwendung gekommen, wie bei dem Bau der Testa, sondern stets langgestreckte Zellen, deren Richtung in den meisten Fällen mit der Längsrichtung der Frucht zusammenfällt. Aber nur in einem Falle habe ich hier die typischen Bastzellen gefunden, die nach Schwendener[1]) durch prosenchymatische Zuspitzung und spaltenförmige, linksschief gestellte Poren charakterisiert sind. An ihrer Stelle bilden meist Zellen von verschiedenster Form und Grösse, teils rein parenchymatische, teils scharf zugespitzte, von sehr verschiedener Länge und Dicke, aber fast stets mit kleinen rundlichen Poren versehen, das Material zum Aufbau des mechanischen Systems. Die Bauprinzipien, welche bei demselben angewandt sind, sollen in den einzelnen Gruppen behandelt werden. Die Gruppierung nehme ich in der Weise vor, dass ich, von dem vollständigen Fehlen mechanischer Elemente ausgehend, von den einfacheren Konstruktionsformen zu den komplizierteren aufsteige. Dabei halte ich eine Trennung der radial gebauten Früchte von den platten zweikantigen wegen der durchaus verschiedenen Prinzipien des Aufbaues für zweck-

[1]) Schwendener: Die Schutzscheiden und ihre Verstärkungen. Abh. der Kgl. Ak. d. Wissensch. zu Berlin 1882. pag. 19 d. Separatabdrucks.

mässig, wenn auch in der Wirklichkeit alle Übergänge von der einen zur andern Form vorhanden sind.

Von vornherein sei hier auf die Beziehungen hingewiesen, welche zwischen den Gefässbündeln und den mechanischen Elementen bestehen.

Während in den Fällen, wo einzelne mechanische Bündel auftreten, die Bildung derselben meist direkt von dem Gefässbündel ausgehend kreis- oder sternförmig fortschreitet, so dass das Gefässbündel schliesslich ringsum von mechanischen Zellen geschlossen wird, nimmt die Wandverdickung in den Fällen, wo ein vollständiger oder unvollständiger Ring ausgebildet wird, meist an der von dem Gefässbündel abgewandten Seite ihren Anfang und schreitet gegen das Bündel hin fort. So wurde bei *Helianthus* und anderen Helianthoideen beobachtet, dass die Verdickung der Zellen an der Aussenseite beginnt, während die Gefässbündel sehr der Innenseite genähert sind. Vielleicht lassen sich also die vielfach beschriebenen markstrahlartigen Zellenreihen bei *Helianthus* als Leitungswege für die zum Aufbau der dickwandigen Zellen notwendigen Stoffe erklären. Wir werden unten noch auf diese Verhältnisse zurückkommen. In anderen Fällen, wie z. B. bei den Calendulaceen, beginnt die Ausbildung des mechanischen Mantels auf der Innenseite, während die Gefässbündel mehr der Aussenseite genähert sind.

Wenn sich bei der ausgebildeten Frucht die Gefässbündel auch meist an die mechanischen Zellen anlehnen, so treten letztere doch nie in der Gruppierung auf, dass sie nur als schützende Belege der Gefässbündel anzusehen sind, wie so häufig in den vegetativen Organen der Monocotyledonen. Ihre Ausbildung fällt auch meist in eine Zeit, wo die Gefässbündel schon bedeutungslos werden und nicht mehr des Schutzes durch feste Elemente bedürfen. Nur in vereinzelten Fällen bilden dieselben schon früh mechanische Zellen zu ihrem Schutze aus. Jedenfalls aber tritt in allen Fällen diese lokale Bedeutung der dickwandigen Elemente sehr zurück gegen die allgemeine Bedeutung, die sie für die Festigkeit des Ganzen haben.

A. Früchte entweder radial gebaut, mit gleichmässiger Verteilung des mechanischen Systems über den ganzen Umfang, oder mehr oder weniger ausgesprochen zwei- bis vierkantig, doch ohne besondere Ausbildung des mechanischen Systems in den Kanten.

I. Gruppe. Mechanische Elemente fehlen gänzlich.

Hierher gehört zunächst eine Reihe von Arten, deren Früchte sich durch besondere Kleinheit auszeichnen und deshalb besondere festigende Elemente entbehren können.

So besteht das Perikarp bei *Artemisia* aus einer einzigen Lage brauner, abgestorbener Zellen. Noch zarter ist dasselbe bei *Matricaria discoidea* D. C. und einigen Inuloideen, wie *Helichrysum ciliatum* D. C., *Podolepis gracilis* Grah. und *Gnaphalium*

In anderen Fällen, wie bei manchen kleinen Früchten der Asteroideen, gewährt die stärker ausgebildete äusserste Lage der Testa den nötigen Schutz. So fehlen mechanische Elemente sogar in dem Perikarp der ziemlich grossen Früchte von *Callistephus chinensis* Nees., wo der Schutz durch eine bedeutendere Ausbildung der Testa erreicht wird (Fig. 5 u. 6).

Als ein Beispiel für die vollkommene Übernahme der Funktion des Schutzes seitens der Hüllblätter können die Früchte von *Micropus supinus* L. dienen, bei denen das Perikarp auf die Reste einer Zellage beschränkt ist, sowie die grossen Früchte der Gattung *Echinops*, bei denen ebenfalls mechanische Elemente vollständig fehlen.

II. Gruppe. Mechanische Elemente in einzelnen Bündeln angeordnet.

Diese Form des mechanischen Systems findet sich meist bei verhältnismässig langen Früchten. Sie tritt teils als einziger mechanischer Schutz des Samens auf, teils kombiniert mit einer stärkeren Ausbildung der Testa, wie es bei den Asteroideen Regel ist. Meistenteils ist die Anordnung einfach die, dass im Querschnitt ungefähr kreisrunde oder mehr abgeflachte Bündel in ziemlich regelmässigen Abständen von einander die Frucht der ganzen Länge nach durchziehen, meist nach aussen etwas vortretend und dadurch Rippen bildend. In einigen Fällen sind die Bündel stärker verbreitert und treten weniger hervor, doch ist diese Form durch Übergänge mit der ersten verbunden. Während z. B. bei *Senecio vernalis* W. K. die Bündel im Querschnitt fast kreisrund sind, sind sie bei *S. Jacobaea* L. etwa 3 - 6 mal so breit als dick, und bei den viel grösseren Früchten von *S. sibirica* Lep. bilden sie fast einen geschlossenen Ring. Jedes einzelne Bündel ist hier wellenförmig gebogen und zwar so, dass die Mitte und die beiden Seiten nach aussen vorragen. In der Mitte ist das Bündel teilweise unterbrochen durch zartwandige Zellen. Ganz ähnlich ist die Anordnung bei *Tolpis barbata* Gaertn. Eine sehr bedeutende Breite besitzen die Bündel auch bei *Catananche coerulea* L.

Die Grösse der Bündel ist nicht nur für verschiedene Arten verschieden, sondern wechselt häufig sogar in einer Frucht. Ein nicht zu seltener Fall ist der, dass mit grösseren Bündeln viel kleinere, die zuweilen nicht die ganze Frucht

durchziehen, regelmässig abwechseln. Dieses Verhältnis findet sich z. B. bei *Crepis sibirica* L. (Fig. 8), *Pyrrhopappus carolinianus* D. C. und anderen.

Auch die Zahl der Bündel und der dadurch teilweise bedingte Abstand derselben von einander ist sehr verschieden. Die meisten Bündel (20 und mehr) habe ich bei *Rodigia commutata* Spr. gefunden, während in anderen Fällen, z. B. bei vielen Arten von *Inula* und *Helenium* nur 8 – 10, bei *Catananche* in den meisten Früchten nur 5 vorhanden sind. Sehr konstant ist die Lage und Grösse der Bündel bei *Picridium tingitanum* Desf. Hier liegen ausser dem mittleren grossen Bündel am Grunde jedes Flügels noch vier sehr kleine Bündel schwach verdickter Zellen, von denen die beiden seitlichen die Spalten zwischen den Flügeln begrenzen.

Eine Verbindung der einzelnen Bündel unter einander besteht nur am oberen und am unteren Ende der Frucht. Nach diesen Stellen hin werden gewöhnlich die mechanischen Zellen allmählich kürzer und dicker, oft fast isodiametrisch. Die Bündel werden dicker und verschmelzen schliesslich zu einem nach allen Richtungen hin fest gebauten Verbindungsstück. Sonstige Queranastomosen zwischen den einzelnen Bündeln kommen nicht vor.

Die Füllmasse zwischen den Bündeln wird teils von gebräunten, abgestorbenen Parenchymzellen, teils von weisslichen mehr oder minder verdickten Zellen gebildet, die in einzelnen Fällen zu typischem Luftgewebe ausgebildet sind. Eine eigentümliche Anordnung zeigen dieselben bei *Chrysanthemum Myconis* L. Hier befinden sich zwischen den Bündeln aussen regelmässig zwei grosse derbwandige Zellen, die durch einen grossen Interzellularraum von der Epidermis getrennt sind. Nach innen zu folgen dann Lagen immer kleiner und dünnwandiger werdender Zellen. Innerhalb dieses Gewebes liegen spaltenförmige, mit einem zartwandigen Epithel ausgekleidete und mit einem braunen, harzartigen Inhalt erfüllte Gänge, die die ganze Breite zwischen den Bündeln einnehmen, dagegen unterhalb derselben durch ein zartwandiges Gewebe unterbrochen sind, das die Verbindung mit dem an der Innenseite gelegenen Parenchym herstellt.

Die Epidermis ist zuweilen stark verdickt, mit derber Cuticula versehen und hat dann offenbar den Zweck, den Zusammenhang zwischen den einzelnen Bündeln zu sichern. So sind die Zellen derselben bei *Gaillardia* bis zum Schwinden des Lumens verdickt und enthalten je einen Krystall von oxalsaurem Kalk in ihre äussere Membran eingelagert. In einzelnen Fällen, wie bei *Andryala*, ist die Epidermis zwischen den Bündeln viel stärker entwickelt als über denselben.

Bei *Gamolepis tagetes* D. C. besteht das Perikarp nur aus einer Lage sehr grosser derbwandiger Zellen. In regelmässigen Abständen von einander sind immer je zwei aneinanderstossende Zellen etwas abgeflacht und bedecken ein kleines, sich innen anlehnendes Bündel mechanischer Zellen (Fig. 7).

Nach dieser Darstellung des Baues der zu dieser Gruppe gehörenden Früchte kommen wir nun zu der Frage, welchen Ansprüchen die hier angewandte Konstruktionsform zu genügen imstande ist.

Zunächst ist klar, dass vollkommen isolierte Bündel der Frucht keinen Schutz gegen radialen Druck gewähren können. Denn wenn dieselben weder seitlich zusammenhängen noch an den Enden auf festen Widerlagen ruhen, so wird ein auf ein solches Bündel ausgeübter Druck unvermindert auf die darunterliegenden Schichten wirken. Es ist also in diesem Falle das Hauptgewicht darauf zu legen, dass das obere und untere Ende der Frucht fest genug gebaut ist, um jedem von den einzelnen Strängen auf sie ausgeübten Druck widerstehen zu können.

Ich muss mich daher entschieden gegen Heineck wenden, welcher angiebt, dass sich am oberen Ende „die schwächste Stelle der Frucht befinde und dass sich an dieser Stelle der Keim durchdränge".

Diese Angabe widerspricht erstlich dem Verhalten, wie ich es in allen untersuchten Fällen gefunden habe, und dann vermisse ich bei ihm eine Erklärung, wie seine Konstruktion gegen radialen Druck wirksam sein soll. Heineck denkt jedenfalls, wenn er es auch nicht ausspricht, nur an Biegungsfestigkeit und legt demgemäss nur auf diejenigen Punkte der Konstruktion Gewicht, die Schwendener[1]) als wesentlich und zweckmässig für gedachten Zweck nachgewiesen hat. Demgemäss will er auch immer zwei diametral gegenüberliegende Bündel als Gurtungen eines Trägers ansehen, und er führt an, dass dieselben deshalb immer in gerader Zahl vorhanden sind. Ich habe aber ebenso oft eine ungerade als eine gerade Zahl von Bündeln gefunden, und dann scheint mir jene Auffassung bei Früchten, deren Querschnittsform von der Kreisform abweicht, überhaupt nicht mehr zulässig zu sein.

Wenn also auch zugegeben werden mag, dass durch die hier angewandte Konstruktionsform auch eine gewisse Biegungsfestigkeit der Früchte hergestellt wird, so scheint

[1]) Schwendener: Das mechanische Prinzip im anatomischen Bau der Monocotylen. Leipzig 1874.

sie doch vor allem der Festigkeit gegen radialen Druck zu dienen. Für diesen Zweck ist es aber vor allem nötig, dass jedes einzelne Bündel stark genug ist, um einer Durchbiegung durch einen partiell wirkenden Druck zu widerstehen. Diese Festigkeit wird einesteils dadurch erreicht, dass die Bündel aus sehr langen, ausserordentlich stark verdickten, fest ineinander gekeilten Zellen bestehen, andererseits dadurch, dass sie meist in einem Bogen, dessen Krümmungsradius allerdings ziemlich gross ist, vom oberen zum unteren Ende der Frucht verlaufen.

III. Gruppe. Mechanische Zellen fast zu einem Ringe geschlossen.

Die hier angewandte Konstruktion unterscheidet sich in ihrer Form nicht wesentlich von der vorhergehenden. Dadurch aber, dass die Bündel breiter oder auch zahlreicher werden, kommen sie einander so nahe, dass nur ein bis zwei Reihen dünnwandiger Zellen zwischen ihnen bleiben. Indem sich diese Zellen zusammenpressen lassen und bei dem trockenen Samen auch wirklich zusammengepresst sind, legen sich die Bündel seitlich aneinander und bilden so einen den Principien der Gewölbekonstruktion folgenden mechanischen Mantel. Die Festigkeit gegen radialen Druck beruht hier also nicht nur auf der Festigkeit der Widerlager an den Enden der Frucht, sondern auch auf der Aufnahme des Druckes durch die seitlich benachbarten Bündel.

Diese Form des mechanischen Systems tritt namentlich in der Gruppe der Helianthoideen auf, sowie bei den mit diesen nahe verwandten Helenioideen. Man kann dann noch einige Arten aus anderen Familien hierher rechnen, wenngleich bei diesen der Bau der Frucht wesentlich von dem der erstgenannten Familien abweicht.

Am bedeutendsten ausgebildet ist diese Form des mechanischen Gewebes bei *Helianthus annuus* L., wo sie ja auch schon oft beschrieben worden ist, wie von Harz[1]) und Heineck[2])

Letzterem gegenüber muss ich aber auch hier bemerken, dass die Zellen zwischen den mechanischen Bündeln nicht mit Löchern versehen sind, sondern nur mit einer grossen Menge kleiner Poren, dass sie demnach nicht als Siebzellen bezeichnet werden können. Ganz ähnliche Verhältnisse wie bei *Hel. annuus* L. finden sich bei anderen Arten derselben Gattung, dann auch bei *Tithonia, Rudbeckia,*

[1]) Harz: Landwirtsch. Samenkunde. Berlin 1885.
[2]) Heineck: l. c. pag. 13.

Guizotia, *Madia*, *Siegesbeckia* und anderen. Die Grösse der Bündel ist bei allen diesen sehr verschieden, wie auch die Grösse der dieselben zusammensetzenden Zellen. Immer aber sind die letzteren langgestreckt mit ziemlich spitzen Enden und zahlreichen rundlichen Poren. Auch in der Form und Anordnung der zwischen den Bündeln liegenden Zellen zeigen sich grosse Verschiedenheiten. Es sind meist kleine, etwa isodiametrische oder radial gestreckte Zellen, die aber vielfach in einer Weise zusammengedrückt sind, dass es unmöglich ist, ihre ursprüngliche Form genau zu erkennen.

Eine etwas abweichende Form der Bündel zeigen die Gattungen *Bidens* und *Dahlia*. Während bei den vorherbetrachteten Gattungen dieselben im Querschnitt meist quadratisch bis rundlich sind, zeigt hier jedes im Querschnitt die Form eines nach innen offenen Bogens, der in der Mitte am dicksten ist und nach den Seiten hin schmal ausläuft. Dadurch ist für die Festigkeit in der Längsrichtung eine sehr günstige Konstruktion geschaffen worden, da ein Träger mit bogenförmigem Querschnitt viel mehr einer Durchbiegung widersteht als ein gleich starker mit rechteckigem Querschnitt von gleicher Breite.

Eine gesonderte Betrachtung erfordern die anderen Unterfamilien angehörenden Arten, welche man zu dieser Gruppe stellen kann.

Bei *Sphenogyne anthemoides* R. Br. (Arctotideae) wechseln breitere Bündel mit etwas schmaleren ab. Indem die ersteren sich nach aussen noch etwas verbreitern, die letzteren dagegen schmaler werden, erhalten die zwischen denselben liegenden Spalten eine gegen den Radius schiefe Richtung. Diese Spalten sind von äusserst zartwandigen, in zwei bis drei Reihen angeordneten Parenchymzellen ausgefüllt. Im trockenen Zustande sind diese Zellen vollkommen zusammengepresst und die mechanischen Bündel zu einem vollkommenen Mantel zusammengeschlossen, der dadurch noch an Festigkeit gewinnt, dass die einzelnen Teile desselben in der beschriebenen Weise übereinandergreifen. Die mechanischen Elemente sind nicht allzu stark verdickt, im Querschnitt ungefähr gleichgross. Nur die innersten sind etwas kleiner und stärker verdickt. Allein in diesem Falle habe ich beobachtet, dass die Zellen mit spaltenförmigen, linksschief gestellten Poren versehen sind, so dass immer die Poren zweier benachbarten Zellen kreuzweise sich decken.

Bei *Scorzonera villosa* Soop. erreichen die Bündel eine ausserordentliche Breite. Ihre schwächste Stelle befindet sich in der Mitte, wo sich das Gefässbündel aussen anlehnt, umgeben von sehr kleinen dünnwandigen Parenchymzellen.

Ebensolche Zellen füllen die Zwischenräume zwischen den einzelnen Bündeln aus, die hier ziemlich bedeutend sind. Ähnlich ist die Anordnung bei *Sc. hispanica* L., nur mit dem Unterschiede, dass hier statt der kleinen Zellen ein ausgebildetes grosszelliges Luftgewebe vorhanden ist, welches auch die Zwischenräume zwischen den sehr breiten Bündeln ausfüllt.

Endlich muss auch *Rhagadiolus stellatus* Gaertn. in diese Gruppe gestellt werden, bei welchem der mechanische Mantel auf der von der Braktee bedeckten Seite vielfach von Reihen dünnwandiger Zellen unterbrochen ist.

Im Anschluss an die besprochenen Arten der Helianthoideen sei hier auf eine Eigentümlichkeit hingewiesen, welche für die Früchte der Helianthoideen und Helenioideen äusserst charakteristisch ist.

Es finden sich hier stets ausserhalb der mechanischen Bündel, diesen aufgelagert, dunkelbraune bis schwarze Massen, die häufig im Querschnitt eine ziemlich regelmässige Anordnung zeigen. Von der Fläche gesehen bilden sie in manchen Fällen eine zusammenhängende Schicht, in welcher Reihen von hellen weissen Punkten auffallen. Diese rühren von zapfenförmigen Fortsätzen her, durch welche die äussersten mechanischen Zellen eine feste Verbindung dieser Massen mit den darunterliegenden Geweben herstellen. In den meisten Fällen aber zeigt sich nur ein regelmässiges Netzwerk von längs- und quergerichteten Strängen. Dasselbe erstreckt sich aber immer nur über die mechanischen Bündel, ist dagegen über den parenchymatischen Zwischenbündeln unterbrochen, wenngleich an den Rändern am stärksten ausgebildet.

Heineck bezeichnet diese Massen als „Randverzierung des Bildes“ und stellt sie ohne weiteres mit den stachel- und haarartigen Epidermisgebilden in eine Linie. Eine genauere Untersuchung hätte ihn aber darüber aufklären müssen, dass diese braunen Massen garnicht die äusserste Schicht der Frucht bilden, sondern dass über denselben regelmässig noch ein mehr oder weniger ausgebildetes Parenchym, sowie die Epidermis liegt. Freilich ist es ein sehr häufiges Vorkommnis, dass diese Gewebe durch die mächtige Entwicklung jener braunen Massen ihren Zusammenhang mit den übrigen Teilen des Perikarps verlieren und abgeworfen werden oder beim Schneiden abbröckeln.

Es fragt sich nun: Woher kommen diese braunen Massen und welches ist ihre Bedeutung für den reifen Samen? Was Heineck darüber sagt, ist so gut wie nichts. Er bezeichnet diesen schwarzbraunen Überzug als Cuticula, weil „er beim Schneiden bröckelt und weil er keine Zellstruktur erkennen

lässt.“ Es leuchtet ein, dass mit dem blossen Namen nichts gewonnen ist, abgesehen davon, dass dieser Name höchst unglücklich gewählt ist, da man unter Cuticula für gewöhnlich doch etwas ganz Anderes zu verstehen pflegt.

Eine Untersuchung verschiedener Entwicklungsstadien hat gezeigt, dass die Ausbildung dieser Massen schon frühzeitig beginnt, in einem Stadium, wo auch die Ausbildung der mechanischen Elemente gerade ihren Anfang nimmt. Sie treten hier zunächst in den Ecken auf, wo je zwei Parenchymzellen mit einer mechanischen Zelle zusammenstossen, als dünne braune lange Linien, die der Form der Parenchymzellen folgen. Es scheint, als ob diese Massen direkt aus einem Desorganisationsprozess der Zellwände hervorgehen, als ob aber zuerst die Intercellularsubstanz in diesen Prozess hineingezogen werde.

Allmählich wird die ganze Innenwand der Parenchymzellen davon ergriffen; das Produkt zieht sich meist in den Vertiefungen zwischen den einzelnen mechanischen Zellen zusammen. Nur selten ist es so massig, dass es fast die ganzen mechanischen Zellen bedeckt. Gleichzeitig werden auch die Seitenwände der Parenchymzellen teilweise in der angegebenen Weise verändert, und so entstehen die Spitzen und Hervorragungen, die schon Heineck beschreibt, und die komplizierter werden, wenn auch noch die nächste Zelllage in jenen Prozess hineingezogen wird. Es scheint aber, als ob die später gebildeten Verdickungsmassen der Zellen nicht in dieser Weise verändert werden können. Wenigstens zeigt sich bei *Heliopsis buphtalmoides* Dun., wo solche braunen Massen sogar an einzelnen Stellen zwischen den langgestreckten Zellen auftreten und teilweise auch zwischen den äusseren isodiametrischen stark verdickten Zellen, dass die Verdickungsmassen vollkommen unverändert sich von den umgebenden braunen Massen abheben.

Über die Natur dieser braunen Massen vermag ich nichts Genaueres zu sagen. Sie zeigen sich äusserst resistent gegen die stärksten Säuren. So wurden sie selbst durch längeres Kochen in konzentrierter Schwefelsäure und Salpetersäure nicht merklich verändert. Auch eine starke Lösung von Kupferoxydammoniak übte keine Wirkung auf dieselben aus. Eine Prüfung auf Gerbstoff führte ebenfalls zu keinem Ergebnis. Auch über ihre Konsistenz vermag ich kein sicheres Urteil zu fällen.

Aus diesem Grunde ist es auch schwer, über ihre Bedeutung etwas Bestimmtes auszusagen. Möglich ist es, dass sie in gewisser Weise die Funktionen des Schutzes und der Festigkeit übernehmen, für das Wahrscheinlichste halte ich jedoch, dass sie dazu bestimmt sind, den Inhalt der Frucht

vor zu plötzlicher Abkühlung ebensowohl wie vor zu starker Beleuchtung und Erwärmung zu schützen.

IV. Gruppe. Mechanische Elemente zu einem ungefähr gleich dicken Mantel sich zusammenschliessend.

Bei denjenigen in diese Gruppe zu rechnenden Früchten, bei denen die Ausbildung verdickter Elemente im Perikarp auf einer sehr niedrigen Stufe stehen geblieben ist, findet sich nur eine einzige, höchstens zwei Lagen langgestreckter Zellen. Dieses Verhalten zeigen namentlich sehr kleine Früchte, wie diejenigen von *Ageratum*, *Eupatorium*, *Liatris*, *Spilanthes* und *Baeria*. Es sind dies sämtlich Früchte, bei denen die beschriebenen braunen Massen stark entwickelt sind und oft eine vollständige Zerstörung der aussen gelegenen Gewebe herbeigeführt haben. Es scheint hier den langgestreckten Zellen weniger eine allgemein mechanische Bedeutung zuzukommen, als die Aufgabe, den Zusammenhang der Teile des Perikarps zu erhalten.

Auf einer nicht viel höheren Stufe der Ausbildung steht das mechanische Gewebe von *Coreopsis*, wenngleich hier wenigstens drei bis vier Lagen langgestreckter Zellen vorhanden sind, die immerhin schon einigen Schutz gegen Druck gewähren können.

Anders aber wird es, wenn aus den mechanischen Zellen ein stärkerer Mantel gebildet wird, der die Frucht allseitig umschliesst. Ein solcher Mantel ist gewiss imstande, der Frucht eine gewisse Biegungsfestigkeit zu verleihen. Diese Aufgabe würde er aber um so besser erfüllen, je weiter er vom Mittelpunkte entfernt liegt. Dahingegen finden wir stets, dass derselbe die Innenseite des Perikarps einnimmt und seine stärkste Ausbildung gerade an der Grenze gegen die Testa hin erhält. Daraus möchte ich schliessen, dass er hauptsächlich gegen radialen Druck angelegt ist. Er lässt sich sehr wohl mit Röhren vergleichen, die aus homogenem Material hergestellt sind, wenn wir annehmen, dass die Verbindung der einzelnen Zellen miteinander eine so feste ist, dass eine Verschiebung derselben gegen einander nicht zu befürchten ist. Alsdann hängt die Festigkeit dieser Röhre wesentlich von der Dicke der Wände und der Festigkeit des Materials ab. Die Querschnittsform ist selbstverständlich am zweckmässigsten die kreisförmige, welcher sich auch alle hierher gehörigen Früchte mehr oder weniger nähern.

Ein derartiger gleichmässiger mechanischer Mantel findet sich bei Gattungen, die verschiedenen Unterfamilien angehören, wie bei *Gutierrezia*, *Grindelia*, *Haplopappus*, *Brachy-*

come (nur *Br. leucanthemifolia* Benth.) aus der Unterfamilie der *Asteroideen, Cyclachaena* und *Heliopsis* von den Helianthoideen, *Cineraria, Prenanthes* und *Hypochaeris* von den Cichoriaceen, sowie einigen Arten von *Calendula* und bei der damit verwandten *Dimorphotheca pluvialis* Moench. In der Ausbildung desselben zeigt sich eine grosse Gleichförmigkeit. Fast stets setzt er sich aus 6—10 Lagen ungefähr gleich grosser Zellen zusammen. Meist ist er an den Stellen, wo die Gefässbündel liegen, etwas schwächer. Die Unterschiede im Bau des Perikarps liegen bei diesen Gattungen namentlich in den Verschiedenheiten hinsichtlich der Ausbildung der ausserhalb des mechanischen Mantels gelegenen Zellen, die zuweilen zu einem mächtigen Luftgewebe ausgebildet sind, häufig aber auf eine Reihe dünnwandiger Zellen beschränkt sind oder gänzlich fehlen.

Eine dem Bau der Testa bei den Asteroideen ähnliche Form des Perikarps findet sich bei der Gattung *Anthemis*, bei der nur *A. altissima* L. einen von dem der übrigen Arten abweichenden Bau zeigt. Die zahlreichen Bündel längsgestreckter Zellen sind hier sehr klein und bestehen nur aus wenigen schwach verdickten Zellen. Dagegen liegt unmittelbar unter der kleinzelligen, gebräunten und zusammengedrückten Epidermis ein vollkommen geschlossener Mantel eigentümlich gebauter Zellen. Dieselben gleichen bei *Anth. tinctoria* L. vollkommen den von Schwendener[1]) beschriebenen und gezeichneten Zellen der Schutzscheide von *Juncus Jacquini*. Es sind etwas radial gestreckte Zellen, die auf der Aussenseite stark verdickt sind, während die Verdickung der Seitenwände nach innen zu allmählich abnimmt, so dass das Lumen sich flaschenförmig erweitert. In diesem Lumen liegt jedesmal ein kleiner Kalkoxalatkrystall.

A. austriaca Jacq. zeigt fast denselben Bau der Zellen, nur sind dieselben nicht so hoch.

Bei *A. Cotula* L. sind die Zellen insofern etwas abweichend gebaut, als das Lumen im allgemeinen spaltenförmig ist und nur ungefähr in der Mitte sich plötzlich zu einem fast kugelförmigen Hohlraum erweitert.

Eine gesonderte Betrachtung beanspruchen die Cynaroideen. Bei diesen ist das Perikarp sehr verschieden entwickelt; aber es zeigt sich in der Anordnung der einzelnen Elemente eine so grosse Übereinstimmung, der Übergang von denjenigen Formen, bei denen das mechanische Princip garnicht zum Ausdruck kommt, zu denjenigen, bei welchen

---

[1]) Schwendener: Die Schutzscheiden und ihre Verstärkungen. Abh. der Königl. Akad. der Wissenschaften zu Berlin 1882. Fig. 61.

dasselbe deutlich ausgesprochen ist, vollzieht sich durch die einzelnen Arten so allmählich, dass es unthunlich erscheint, diese Formen von einander zu trennen, und da sich wenigstens in der Mehrzahl der Fälle ein ungefähr gleichmässig dicker Mantel von langgestreckten Zellen findet, denen eine mechanische Bedeutung nicht abgesprochen werden kann, so können die Cynaroideen an dieser Stelle besprochen werden.

Sieht man von der Gattung *Echinops* ab, bei welcher Testa und Perikarp auf das äusserste reduziert sind, so ergiebt sich für alle übrigen Arten das Übereinstimmende, dass das Perikarp ausser aus der äusseren und inneren Epidermis, welche letztere häufig Krystalle von oxalsaurem Kalk im Lumen ihrer Zellen enthält, aus gleichartigen, meist langgestreckten Zellen besteht, zwischen denen die sehr kleinen Gefässbündel liegen. Wie oben gezeigt wurde, bildet hier die Testa durch ihre Palissadenzellen ein Gewölbe, welches den Samen in vorzüglichster Weise gegen einen radialen Druck schützt. Dagegen wird für eine Festigkeit gegen das Zerbiegen und Zerbrechen der Frucht nur in unvollkommener Weise durch die Schiefstellung der Palissadenzellen gesorgt. In dieser Beziehung die Testa zu unterstützen ist Aufgabe des Perikarps, und zwar ist der Same um so mehr auf diese Unterstützung angewiesen, je geringer die Ausbildung der Palissadenzellen ist. Daher sind nur bei der Gattung *Onopordon*, bei welcher die letzteren sehr stark entwickelt sind, die Zellen des Perikarps vollkommen dünnwandig geblieben und nicht gestreckt. In der reifen Frucht sind sie häufig gänzlich zerstört und teilweise abgerissen. Dagegen finden sich bei *Arctium*, *Carduus* und *Alfredia* sehr kleine, etwa 6—12 mal so lange als breite Zellen, deren Wände sehr zarte sich kreuzende Spiralverdickungen besitzen. Bei *Silybum Marianum* Gaertn. und *Serratula* sind dieselben ähnlich gebaut, doch rücken hier die Verdickungen viel weiter auseinander, sodass grosse runde Stellen dünnwandig bleiben. Ähnliche Zellformen, wie sie auch in anderen Unterfamilien zum Aufbau des mechanischen Systems Verwendung gefunden haben, finden sich bei *Cnicus benedictus* Gaertn., wo sie ziemlich gross und verhältnismässig wenig verdickt sind, und bei der Gattung *Centaurea*, wo sie bei den meisten Arten sehr klein, in verschiedener Weise verdickt sind, manchmal bis zum Schwinden des Lumens. Bei beiden Gattungen sind diese Zellen mit kleinen rundlichen, oft sehr zahlreichen Poren versehen. Eine eigenartige, ganz hervorragende Ausbildung hat das Perikarp bei *Carthamus* erlangt, dessen Bau schon im ersten Abschnitt beschrieben wurde.

In den meisten Fällen ist das Perikarp überall ungefähr gleich dick. Nur bei *Cnicus* werden durch die mechanischen Zellen stark hervortretende Rippen gebildet. Auch bei *Arctium* ist das aus den verdickten Zellen gebildete Gewebe von sehr ungleicher Dicke. Diese Ungleichheiten werden aber teilweise wieder ausgeglichen durch die Epidermis, deren Zellen über den Höckern niedriger sind als zwischen denselben. Bei *Onopordon* werden die Vertiefungen der Testa teilweise durch die an diesen Stellen massiger entwickelten Gewebe des Perikarps ausgefüllt.

Abgesehen von der Gattung *Carthamus* ist der Bau des Perikarps überall ein sehr lockerer; auch die stark verdickten Zellen von *Centaurea* schliessen nicht eng zusammen, sondern lassen kleine Intercellularräume an den Ecken oder auch grössere zwischen sich. Es würde daher die Gefahr einer Abscherung einzelner Teile sehr gross sein, wenn nicht der Frucht die nötige Schub- und Scherfestigkeit gegeben würde. Diese Aufgabe erfüllt die Epidermis, die hier meistenteils für genannten Zweck besonders ausgebildet ist. Bei *Cnicus* und *Centaurea* sind ihre Zellen in ähnlicher Weise, ja sogar zuweilen stärker verdickt wie die darunterliegenden Zellen und unterscheiden sich von denselben nur durch ihre etwas geringere Länge. Indem diese Zellen sich seitlich fest aneinander legen, bilden sie einen sehr wirksamen Schutz für die darunterliegenden lockerer gebauten Gewebe. Bei einigen Arten der letzteren Gattung (*C. alpina* L., *C. melitensis* L.) wird die Festigkeit dieser Schutzschicht noch dadurch erhöht, dass die Epidermiszellen in der Längsrichtung dachziegelförmig übereinandergreifen.

Bei allen übrigen Gattungen sind die Aussenwände der Epidermisszellen sehr stark verdickt, während die Seitenwände meist dünnwandig geblieben sind. Doch zeigte sich stets, dass diese verdickten Aussenwände frei von jeder Cuticularisierung sind und aus reiner Cellulose bestehen, dass auch die sie bedeckende Cuticula nur sehr dünn ist.

Ein eigentümliches Bild bot mir die Epidermis von *Carduus acanthoides* L., das ich nicht in genügender Weise zu erklären vermag. Hier liegt an der Oberfläche ein ziemlich dickes weisses Häutchen, das sich mit Chlorzinkjod rein violett färbte, von einer sehr dünnen Cuticula bedeckt. Innerhalb dieses Häutchens sah man nur hier und da ein wirkliches Zellumen oder vielmehr eine Zelle, die ebenso gebaut ist, wie die übrigen Zellen des Perikarps, mit spiraligen Verdickungen versehen, etwa 6—8 mal so lang als breit. (Fig. 2.) Diese Zellen färbten sich in Chlorzinkjod gelb.

Es fragt sich, was in diesem Falle als Epidermiszelle anzusehen ist.

Die grösste Ausbildung erhält die Epidermis bei *Silybum Marianum* Gaertn. (Fig. 3). Hier sind die Zellen sehr hoch, so dass sie fast als palissadenförmig bezeichnet werden können. Ihre Aussenwände sind sehr stark verdickt und bilden eine feste ununterbrochene Schicht; dagegen sind die Innenwände und die Seitenwände sehr dünn, so dass die letzteren bei ihrer bedeutenden Grösse leicht wellenförmig verbogen werden. Das sind die Strukturverhältnisse der Epidermis, wie ich sie schon bei 52facher Vergrösserung deutlich erkennen konnte. Was aber hat Heineck daraus gemacht! Er sagt, dass „*Silybum* eine mächtige, glashelle Cuticularschicht auf seiner Oberfläche trägt, die auf dem Querschnitt in manchen Fällen geduldspielähnliche Zeichnungen sehen lässt, welche jedenfalls von mikroskopisch kleinen Sprüngen in derselben herrühren.“ Die von ihm beigegebene Figur 37 belehrte mich darüber, dass er in der That diese stark ausgebildete Epidermis für eine Cuticula, die Seitenwände der Zellen für „geduldspielähnliche Zeichnungen“ angesehen hat. Und das bei 150facher Vergrösserung!

V. Gruppe. Mechanischer Mantel mit aufgesetzten Längsleisten.

Da die Festigkeit eines Gewölbes, welches allseitig unter Umständen in gleicher Weise beansprucht werden kann, allein abhängig ist von der Festigkeit seiner schwächsten Stelle, so ergiebt sich, dass ein mechanischer Mantel dadurch nicht geeigneter wird, einen radialen Druck auszuhalten, dass derselbe an einzelnen Stellen stärker verdickt wird oder dass feste Längsleisten oder Träger auf denselben aufgesetzt werden. Wo solche vorhanden sind, haben sie vielmehr nur den Zweck, die Biegungsfestigkeit der Frucht zu erhöhen und ihr eine grössere Widerstandsfähigkeit gegen das Zerbrechen zu verleihen. Es findet sich daher diese Konstruktionsform meist bei verhältnismässig langen Früchten. In der einfachsten Weise tritt sie auf, indem stärkere Teile des Mantels mit schwächeren abwechseln, ohne dass der Unterschied ein bedeutender ist, wie bei *Hyoseris lucida* L. Sehr regelmässig ist die Anordnung dieser Rippen bei *Chrysanthemum segetum* L., wo immer jede zweite stärker ist und zum Träger des Luftgewebes wird. Bei *Lapsana intermedia* M. B. liegen in den zahlreichen Hervorragungen des aus sehr stark verdickten Zellen gebildeten mechanischen Ringes Bündel von etwas weniger verdickten Zellen, die aber stärker verholzt sind als die übrigen; sie färben sich in Chlorzinkjod viel dunkler als jene.

Die Anordnung der Verstärkungen des mechanischen Ringes bei *Calendula persica* C. A. M., *C. stellata* Cav. und *Tripteris* ist schon beschrieben worden, ebenso die I-förmigen Träger bei *Tragopogon*, die als besonders geeignet für die Vergrösserung der Biegungsfestigkeit angesehen werden können.

VI. Gruppe. Der mechanische Mantel wellenförmig gebogen.

Es ist bekannt, dass das bei Bauten vielfach angewendete Wellblech eine ausserordentliche Festigkeit gegen das Zerbrechen besitzt und zwar um so mehr, je stärker die Wellung desselben ist. Diese Festigkeit wird noch grösser, wenn die Fläche cylinderförmig gebogen ist, natürlich in der Weise, dass die Rillen in die Längsrichtung des Cylinders fallen. Es kann daher nicht auffallen, wenn der mechanische Mantel in den Perikarpien häufig jene Formenverhältnisse zeigt. So ist derselbe mehr oder weniger stark wellenförmig gebogen bei *Leontodon asper* Poir. und *L. hastilis* L., *Picris pauciflora* W., *Crepis succisifolia* Tausch. und fast sämtlichen Arten von *Hieracium*. In allen diesen Fällen aber zeigt sich das Bestreben, die durch diese Anordnung herabgeminderte Festigkeit gegen radialen Druck in etwas zu ersetzen, indem die mechanischen Zellen einen grösseren radialen als tangentialen Durchmesser besitzen (Fig. 9).

Bei *Microseris linearifolia* Gray. entsteht eine wellenförmige Anordnung dadurch, dass sich in den mechanischen Mantel abwechselnd auf der Aussen- und Innenseite ein Spalt hineinschiebt, der mit zartwandigem Parenchym ausgefüllt ist.

Eine sehr eigentümliche Anordnung des mechanischen Gewebes zeigt *Emilia sagittata* D. C. (Fig. 11). Hier wechseln regelmässig grössere mit kleineren Wellenbergen, um einen in den physikalischen Disciplinen vielfach angewandten Ausdruck auch hier zu gebrauchen. Innerhalb der kleinen liegen die Gefässbündel. Die grossen sind in der Mitte unterbrochen durch zartwandige Zellen, an die sich nach innen hin unmittelbar ein zartwandiges grosszelliges Parenchym anschliesst. Nur über diesen grösseren Wellenbergen ist eine aus grossen zartwandigen Zellen bestehende Epidermis vorhanden, die von der an den übrigen Teilen den mechanischen Zellen unmittelbar aufliegenden dünnen Cuticula bedeckt ist.

VII. Gruppe. Ausser dem wellenförmig gebogenen Mantel sind Bündel mechanischer Zellen vorhanden.

In der hier angewandten Konstruktionsform können wir eine Vereinigung aller vorher besprochenen Principien des Baues erblicken, die allen Anforderungen an Festigkeit in

der vollkommensten Weise entspricht. Ich habe diese Form nur bei drei Arten gefunden.

Bei *Pyrethrum corymbosum* Willd. findet sich ein sanft gewellter Mantel, der sich aber nur aus einer Lage eng aneinanderschliessender, grosser, stark verdickter Zellen zusammensetzt. In dem Scheitel der Wellenberge ist dieser Mantel unterbrochen durch 4—5 ungefähr gleich grosse, doch vollkommen dünnwandige Zellen. Innerhalb dieser Unterbrechungsstelle liegt jedesmal ein mechanisches Bündel, aus ungefähr ebenso gestalteten, nur etwas kleineren Zellen zusammengesetzt.

Bei *Pyrethrum Balsamita* Willd. ist die Anordnung genau dieselbe. Nur sind sämtliche Zellen etwas kleiner, und die beschriebenen Unterbrechungsstellen fehlen hier gänzlich, sodass der mechanische Mantel vollkommen zusammenhängend ist.

Die vollendetste Ausbildung erhält das mechanische System bei *Vernonia anthelmintica* (L.) W. Die Anordnung desselben ist von Heineck im Allgemeinen richtig beschrieben und gezeichnet worden [1]). Es erübrigt daher nur noch, einige Bemerkungen über die einzelnen Gewebe beizufügen, da man sich aus dessen Bezeichnungen „Hartbast" und „Weichbast" schwerlich eine Vorstellung von der Natur dieser Gewebe machen kann.

Die Zellen des wellenförmig gebogenen Mantels, die ebenso wie die Zellen der Bündel stark gebräunt sind, zeigen auch hier meist die Eigentümlichkeit, dass ihr radialer Durchmesser grösser ist als der tangentiale. Dieser Mantel ist aber nicht so zusammenhängend, wie ihn Heineck gezeichnet hat, sondern vielfach unterbrochen. Dies ist fast regelmässig der Fall im Scheitel der grösseren Wellenberge. Ausserhalb der Bündel liegt ein mehr oder weniger stark entwickeltes Luftgewebe, das aus langgestreckten, netzförmig verdickten Zellen zusammengesetzt ist, ähnlich wie das von Tragopogon. Von diesem aus erstreckt sich ein zartwandiges Gewebe seitlich über die kleineren Wellenberge hinweg. An der inneren Seite des Perikarps besteht das ganze Gewebe, das die Räume zwischen dem mechanischen System ausfüllt, aus etwas langgestreckten, mit Chlorzinkjod sich violett färbenden, also aus reiner Cellulose bestehenden, in Wasser stark quellenden Zellen, deren jede in ihrem Lumen einen Krystall von oxalsaurem Kalk enthält.

B. Früchte zweikantig, bisweilen drei- bis vierkantig, mit vorzugsweiser Ausbildung des mechanischen Systems in den Kanten.

---

[1]) pag. 18 und Fig. 39 und 39a.

Wenn auch bei den in der vorigen Abteilung besprochenen Arten vielfach Früchte auftreten, die erheblich von dem cylindrischen Bau abweichen, so konnte man dieselben nach dem Bau und der Anordnung des mechanischen Systems doch stets einer der aufgestellten Gruppen einreihen. Bei den nun zu besprechenden Früchten hingegen ist eine Konstruktionsform angewandt, die auf einem ganz anderen Princip beruht. Die in den seitlichen Flügeln angebrachten mechanischen Bündel können nicht die Aufgabe haben, gegen radialen Druck zu schützen, da ein solcher Druck, parallel zum grössten Durchmesser, kaum für diese platten Früchte zu erwarten ist. Gerade da, wo ein Druck sie treffen kann, fehlen aber stärkere schützende Elemente. Die zuweilen sehr stark entwickelten mechanischen Bündel können daher nur den Zweck haben, der Frucht Festigkeit gegen das Zerbiegen und Zerbrechen zu geben. Ich möchte sie in dieser Beziehung vergleichen mit den senkrechten Stäben, zwischen denen man die Elemente einer Volta'schen Säule aufzuschichten pflegt. Gewöhnlich wendet man dort drei Stäbe an, die unten in einen Fuss eingelassen sind und oben durch einen aufgesetzten Deckel fest mit einander verbunden werden können. Zwei Stäbe würden nahezu dieselben Dienste leisten, wenn man die ganze Säule nachher mit einem dünnen Überzuge versehen würde, welcher das Herausgleiten der einzelnen Elemente verhindert. Derartig ist nun die Konstruktion der hierher gehörigen Früchte. Die seitlichen Bündel sind unten verwachsen, oben durch einen festen Deckel mit einander verbunden. Zur Unterstützung dieser beiden kommt häufig noch ein drittes an einer Seite in der Mitte zwischen denselben und zuweilen auch ein viertes an der anderen Seite hinzu. Im Übrigen ist das Perikarp nur schwach gebaut, selbst auf der höchsten Stufe sind in demselben nicht mehr als zwei bis drei Lagen langgestreckter Zellen vorhanden.

I. Gruppe. Ausser den seitlichen Rippen fehlen mechanische Elemente gänzlich.

Auf der niedrigsten Stufe hinsichtlich des mechanischen Schutzes steht das Perikarp von *Brachycome iberidifolia* Benth. Hier sind statt der seitlichen Rippen nur 2—3 Lagen sehr kleiner, etwas verdickter Zellen vorhanden. Auch bei *Achillea* und *Cotula* ist das mechanische System noch wenig entwickelt, indem um die in den seitlichen Kanten liegenden Gefässbündel wenige schwach verdickte Zellen herumgelagert sind. Bei den Asteroideen, die hierher zu rechnen sind, *Dichrocephala latifolia* D. C., *Myriacetis Gmelini* D. C. und *Charicis*

heterophylla Cass. gewährt die stärkere Ausbildung der äussersten Schicht der Testa dem Samen einigen Schutz gegen radialen Druck. Bei der letztgenannten Art fällt die schwache Entwickelung des Perikarps um so mehr auf, als die Seitenkanten mächtig entwickelt sind, indem ein ziemlich bedeutendes Luftgewebe die Bündel mechanischer Zellen umgiebt. Auch bei *Lactuca capensis* Thbg. fehlen schützende Elemente im Perikarp. Nur in den Flügeln sind kleine Bündel vorhanden, deren Lage innerhalb des Luftgewebes schon oben beschrieben wurde.

II. Gruppe. Schützende Elemente ausser den Kanten vorhanden, doch meist nur schwach entwickelt.

Der häufigste Fall ist hier der, dass zwei Lagen langgestreckter kleinerer oder grösserer Zellen einen zusammenhängenden Mantel bilden. In allen diesen Fällen liegen in den Kanten sehr starke Bündel, die meist im Querschnitt ungefähr die Form eines gleichschenkligen Dreiecks zeigen, dessen Basis dem Samen zugekehrt ist. Es unterliegt keinem Zweifel, dass diese Bündel die nötige Festigkeit besitzen und an den Enden fest genug mit einander verbunden sind, um jedem von den übrigen Teilen des Perikarps auf sie ausgeübten Druck widerstehen zu können. Man könnte daher den mechanischen Mantel als eine Bogenkonstruktion ansehen, die seitlich auf zwei festen Trägern ruht.

In der Art und Weise der Ausbildung treten bei den verschiedenen Gattungen keine wesentlichen Unterschiede auf; die Grösse der Zellen wechselt allerdings mannigfach und ebenso die Grösse und Stärke der seitlichen Bündel. Ihre vollendetste Ausbildung erhalten dieselben bei *Silphium Hornemanni* Schrad. Ausser bei diesem findet sich diese Konstruktionsform bei *Dichrocephala chrysanthemifolia*, *Anacyclus*, namentlich aber bei vielen Helianthoideen, wie *Sanvitalia*, *Zinnia*, *Eclipta*, *Actinomeris*, *Buphthalmum* und einigen Arten von *Bidens*. Auch die beschriebene Frucht von *Leptosyne Douglasii* D. C. kann hierher gestellt werden.

Ein von diesen Arten abweichendes Verhalten zeigt *Urospermum picroides* Desf., auch betreffs des Baues der mechanischen Zellen. Diese haben hier diejenige Form, wie sie von Schwendener für die Verstärkungen der Schutzscheiden z. B. von *Dasylirion* oder für die Zellen der Schutzscheide in der Wurzel von *Restio sulcatus* beschrieben worden ist[1]). Es sind dies langgestreckte Zellen mit einseitig aussenwandigen Verdickungen, sodass das Lumen ganz nach der

[1]) l. c. Fig. 20 und 2.

Innenseite gerückt ist. Sie lassen im Querschnitt eine sehr deutliche Schichtung erkennen. Diese Zellen umgeben in einfacher, nur stellenweise doppelter Lage die Frucht. An den Seitenkanten aber sind sie viel zahlreicher, auch von anderer Beschaffenheit. Hier sind sie schmaler, mehr radial gestreckt und auch anders gefärbt. Sie zeigen eine gleichmässige gelbe Färbung, während die übrigen eine vom Lumen nach der Aussenseite hin an Intensität abnehmende Braunfärbung besitzen.

Auch *Hyoseris scabra* L. weicht im Bau des Perikarps sehr von dem allgemeinen Typus ab. Dasselbe ist hier an den Seitenkanten nicht dicker als an den übrigen Teilen. Während aber im Allgemeinen der verhältnismässig dünne, doch ungleich starke mechanische Mantel von einem mächtig entwickelten Luftgewebe bedeckt wird, werden die Seitenkanten ganz von mechanischen Zellen gebildet.

Zum Schluss möge hier noch die Beschreibung einiger Perikarpien Platz finden, die sich keiner der vorstehenden Gruppen einreihen lassen.

Das Perikarp des zu den Arctotideen gehörenden *Venidium hirsutum* Harv. zeigt einen in vielfacher Beziehung von den gewöhnlichen Formen abweichenden Bau. Indem hier zwei seitliche Flügel nach der Innenseite der Frucht sich umbiegen, in der Mitte zwischen denselben sich noch ein dritter Flügel befindet, der sich nach aussen hin verdickt, werden an dieser Seite zwei äussere Kammern gebildet. Die Seitenflügel sind an der diesen Kammern zugewendeten Seite mit einem sehr grosszelligen, zarten Parenchym bekleidet. Im Übrigen besteht das ganze Perikarp samt den Flügeln aus ungefähr gleichgestalteten, ziemlich dünnwandigen, doch im trockenen Zustande sehr harten Zellen. Eine Prüfung ergab, dass sie sämtlich verholzt sind.

Das Perikarp von *Soliva sessilis* R. et P. ist dadurch ausgezeichnet, dass die mechanischen Elemente kreuzweise verlaufen. Während nämlich die Zellen einer innersten Lage ungefähr mit der Längsrichtung der Frucht gleich gerichtet sind, verlaufen diejenigen der beiden darüberliegenden Lagen tangential oder doch annäherd tangential. Es ist dies der einzige von mir bei den Compositen beobachtete Fall einer Anordnung der mechanischen Elemente, die in anderen Familien, namentlich bei aufspringenden Früchten ziemlich häufig ist.

Bei *Podolepis acuminata* R. Brown besteht das Perikarp im Wesentlichen aus grossen, dickwandigen, lederartigen Parenchymzellen. Unter diesen liegen ausserordentlich lange, biegsame Zellen, die ganz locker angeordnet sind, garnicht mit

einander im Zusammenhange stehen und auch keine Poren besitzen. (Fig. 13).

In ähnlicher Weise isolierte Zellen, nur von einer stark wandigen braunen Epidermis zusammengehalten, finden sich bei *Ammobium alatum* R. Br. Es ist klar, dass die in dieser Weise angeordneten Zellen eine Festigkeit gegen radialen Druck nicht gewähren können, dass auch ihr Dienst bei Herstellung der Biegungsfestigkeit sehr gering ist. Auf Zugfestigkeit, wofür sie allerdings geeignet sein würden, werden die Früchte aber so gut wie garnicht beansprucht. Es ist mir daher unmöglich, über die Funktion dieser Zellen genauere Angaben zu machen.

Die vorstehenden Erörterungen bezogen sich vor allem auf den Schutz, den die Samenhüllen durch ihren Bau dem eingeschlossenen Samen gegen Druck, Verbiegung und Zerbrechen gewähren. Es ist aber klar, dass damit ihre Aufgabe noch nicht erschöpft ist.

Zunächst ist es nicht zu verkennen, dass die Samenhüllen ein wichtiges Schutzmittel gegen fremde Lebewesen bieten. Zwar habe ich keine Frucht gefunden, die in der Weise mechanisch befestigt ist, dass sie nicht von einem Vogel aufgebissen werden kann. Immerhin aber werden kleinere Tiere, Insekten, Schnecken u. s. w. nicht so leicht die Frucht zernagen können. Ob man die in den verschiedensten Teilen des Perikarps und in den verschiedensten Formen auftretenden Kalkoxalatkrystalle auch als ein Mittel ansehen kann, durch welches sich der Same gegen die Angriffe von Tieren schützt, ist mir zweifelhaft. Ebenso lasse ich es dahingestellt, ob die regelmässig auftretenden Farbstoffe, mögen dieselben nun im Zellinhalt sich finden oder die Zellwände färben oder in Form jener eigentümlichen Massen auftreten, wie sie für die Helianthoideen beschrieben sind, nur den Zweck haben, der Frucht eine dem Boden ähnliche Färbung zu geben und sie dadurch den Nachstellungen der Tiere zu entziehen, oder ob diese Farbstoffe auch gewisse Beziehungen zum Lichte haben. Wenn auch von Pringsheim angegeben wird[1]), dass intensive Beleuchtung auch das Plasma nicht chlorophyllführender Zellen tötet, so fragt es sich doch, inwieweit die Zellen des Embryos durch die Wirkung des Samenlichtes alteriert werden. Auch die Rolle, die das Licht bei den ersten Stadien der Keimung selbst spielt, ist noch nicht genügend aufgeklärt. Denn auch die Resultate von Pauchon[2]) befriedigen noch

[1]) Pringsheim: Über Lichtwirkung und Chlorophyllfunktion in der Pflanze. Jarb. f. w. Bot. Bd. XII. pag. 335.

[2]) Pauchon, Recherches sur le vôle de la lumière dans la germination. Ann. des sc. nat. Série VI, T. X. Paris 1880.

in keiner Weise. Dagegen scheint es mir keinem Zweifel zu unterliegen, dass das Perikarp und die Testa den Samen vor plötzlichen Temperaturschwankungen und ebenso vor starkem Austrocknen schützen können. Ich selbst habe über alle diese Verhältnisse keine Versuche und Beobachtungen angestellt und muss mich deshalb mit diesem kurzen Hinweis begnügen.

III. Die Vorrichtungen zur Befestigung der Frucht im Erdreich.

Meiner ursprünglichen Absicht, auch die Anatomie und Physiologie derjenigen Vorrichtungen am Perikarp, welche den Zweck haben, die Frucht im Boden zu befestigen, in den Bereich meiner Untersuchungen zu ziehen und hier zu behandeln, stellte sich das ausserordentliche Anwachsen des Materials entgegen. Denn jene Vorrichtungen bieten eine so grosse Mannigfaltigkeit der Formen dar, dass sie einen geeigneten Gegenstand für eine eigene Untersuchung bilden würden. Schenk, Klebs und Heineck haben schon vorgearbeitet[1]); doch erstrecken sich die Untersuchungen der beiden ersten auf verhältnismässig wenige Arten, während die des letzteren an Genauigkeit viel zu wünschen übrig lassen. Nach den Beobachtungen, die ich beiläufig gemacht habe, scheinen derartige Vorrichtungen fast nie zu fehlen[2]). Es sind teils Haare von verschiedener Form, die häufig eine von dem Feuchtigkeitsgehalt abhängende Stellung haben, teils verschleimende Zellen oder ganze Schleimsäcke (es sei hier namentlich auf *Podolepis gracilis* Grah. und *P. acuminata* R. Brown, sowie auf die Früchte der Anthemideen hingewiesen), teils Reihen von Epidermiszellen mit dunklem Inhalt, die sich beim Benetzen fingerförmig nach aussen strecken, wie sie bei vielen Cichoriaceen vorkommen. Möge dieser Hinweis zu einem eingehenderen Studium dieser Gebilde anregen! Ich möchte hier nur einen Fall näher ins Auge fassen.

Heineck bildet auf Taf. IV, Fig. 33 einen Teil eines Haares von *Sphenogyne anthemoides* R. Br. ab und sagt dazu auf Seite 14 seiner Arbeit: „Das betreffende Haar ist

[1]) Die beim Benetzen Schleimfäden aussendenden Haare, die von Nobbe, Schenk und Klebs beschrieben worden sind, finden sich schon erwähnt bei Decaisne: Sur la structure des poils qui couvrent le péricarpe de certaines Composés. Ann. des sc. nat. 1839. II. Série, T. XII.

[2]) Man vermisst dieselben bei den Cynaroideen; ein Grund dafür müsste sich auffinden lassen.

einfach, schlauchförmig, aber es hat eine spiralige Wandverdickung an seiner Aussenseite, gerade als wenn ein dicker Bindfaden rechtswindend in Spiraltouren um dasselbe gelegt worden wäre". Mir ist diese Angabe aufgefallen, da ich etwas demähnliches noch niemals im Pflanzenreiche beobachtet habe. Ich habe deshalb die betreffenden Haare in Wasser, Alkohol, Glycerin, Kali, nach Zusatz von Chlorzinkjod oder Färbung mit Methylenblau untersucht und habe ein durch die Natur des Mediums zwar modificiertes, im Wesentlichen aber stets gleiches Bild gesehen, das indessen sehr von dem abweicht, welches Heineck beschrieben hat.

Diese Haare bestehen aus zwei nebeneinanderliegenden Zellen. Dieselben sind ausserordentlich lang und werden nach oben hin allmälich dünner. Nicht weit von der Spitze trennen sie sich von einander, und jede Zelle läuft peitschenförmig aus. Die aneinanderstossenden Wände dieser Zellen sind gleichmässig stark verdickt, die Aussenwände dagegen sind sehr dünn und besitzen nur ziemlich breite ringförmige Verdickungen, die hier und da mit einander in Verbindung stehen und im Allgemeinen etwas schräg verlaufen. So hat es bisweilen den Anschein, als ob eine Spirale um das ganze Haar herumlaufe, zumal da die sehr zarten Wände häufig etwas nach innen gedrückt sind. Das ganze Haar ist im trockenen Zustande in langen Windungen spiralig gedreht.

Am Grunde liegt an der der Frucht zugewendeten, der Innenseite des Haares, eine Basalzelle, die wenig verdickt ist, während die äussere Zelle bis an den Grund des Haares reicht, in diesem ihrem untersten Teile aber keine ringförmigen Verdickungen hat, sondern gleichmässig stark verdickt ist. Die beschriebenen Haare stehen nur am Grunde der Frucht und hängen locker herunter. Werden sie befeuchtet, so quillt der untere Teil der äusseren Zelle und streckt sich stärker als die Basalzelle in die Länge. Dadurch biegt sich dieser Teil sehr stark nach innen. Das Haar erhebt sich so weit, dass es sich schliesslich fest an die Frucht anlegt. Man beobachtet diese Bewegung besonders deutlich, wenn man ein stärker quellendes Mittel, wie Kalilauge zusetzt.

Die Bewegung der Haare ist also hier gerade die entgegengesetzte, wie ich sie sonst stets beobachtet habe und wie sie auch von Schenck beschrieben worden ist. Indem in allen jenen Fällen die Basalzelle stärker verdickt ist und sich beim Befeuchten streckt, richtet das im trockenen Zustande fest an die Frucht anliegende Haar sich auf und kann wohl dazu dienen, die Frucht im Boden zu bestigen. Es leuchtet aber ein, dass durch die entgegengesetzte Bewegung derselbe Zweck, vielleicht in noch vollkommenererWeise,

erreicht werden kann. Indem die sehr langen Haare sich nach innen zu krümmen suchen, werden sie sich um einzelne Erdteilchen herumlegen und dadurch die Frucht sehr sicher befestigen.

IV. Die Bedeutung der Samenhüllen für die Wasseraufnahme.

Es ist eine schon lange bekannte und häufig beobachtete Thatsache, dass Samen, auch wenn sie günstigen Keimungsbedingungen ausgesetzt sind, oft nicht sogleich keimen, sondern erst nach mehreren Monaten, ja sogar erst nach mehreren Jahren. Auf die biologische Bedeutung dieser Erscheinung ist von G. Haberlandt hingewiesen worden[1]). Das Verhalten der Samen kann dabei ein doppeltes sein.

Wie durch Versuche von Nobbe und Detmer festgestellt worden ist, können manche Samen im wasserdurchtränkten Zustande lange Zeit verharren, ohne dass eine Zersetzung derselben eintritt, aber auch ohne dass die Keimung beginnt. In diesen Fällen ist offenbar die chemische Zusammensetzung des Samens selbst die Ursache dieser Erscheinung. In anderen Fällen dagegen zeigt sich, dass die Testa dem Eindringen des Wassers lange Zeit widersteht. Die Samen bleiben hart, bewahren jedoch ihre Keimfähigkeit. Ausgedehnte Versuche von Nobbe und Haenlein[2]) haben zu dem Ergebnis geführt, dass auch diese Samen schliesslich einmal quellen, dass es absolut quellungsunfähige Samen nicht giebt.

Die Ursache dieser Resistenz der Samenschale gegen das Eindringen des Wassers, welche namentlich bei den mit einer starken Palissadenschicht versehenen Samen der Leguminosen, sowie bei den ähnlich gebauten Samen der Cannaceen, Malvaceen und anderer Arten beobachtet wurde, ist noch nicht vollkommen aufgeklärt, obgleich es an Erklärungsversuchen nicht fehlt[3]).

Meine Beobachtungen über das diesbezügliche Verhalten der Compositenfrüchte haben ergeben, dass bei diesen weder

---

[1]) G. Haberlandt: Die Schutzeinrichtungen in der Entwicklung der Keimpfl. pag. 14.

[2]) Nobbe und Haenlein: Über die Resistenz von Samen gegen die äusseren Faktoren der Keimung. Landwirtsch. Versuchsstationen Bd. XX. pag. 71.

[3]) F. von Höhnel: Über die Ursache der Quellungsunfähigkeit von Leguminosen und den Einfluss der chemisch-physikalischen Beschaffenheit der Palissadenschicht auf die Keimfähigkeit derselben. Fr. Haberlandt, wissenschaftl.-praktische Untersuchungen auf dem Gebiete des Pflanzenbaues. I. Band, Wien 1875.

die oft sehr festen Perikarpien noch die in manchen Fällen der Testa der Leguminosen ähnlich gebauten Samenschalen dem Eindrigen des Wassers einen erheblichen Widerstand entgegensetzen. Die ersteren waren häufig nach wenigen Minuten, jedenfalls aber nach einigen Stunden vom Wasser vollständig durchdrungen, während die Testa auch dann, wenn sie sehr stark gebaut ist, nach höchstens 24 Stunden gänzlich gequollen war. Wie oben bereits bemerkt wurde, fehlt in den Palissadenzellen der Cynareen die sogenannte Malpighi'sche Lichtlinie oder ist nur schwach angedeutet. Es wäre daher möglich, dass das Auftreten derselben mit der Resistenz der Testa gegen das Eindringen von Wasser in innigem Zusammenhange steht[1]).

Wenn demnach beobachtet wird, dass Compositensamen nicht sofort nach ihrem Abfall von der Mutterpflanze keimen, so kann dies entweder nur darin seinen Grund haben, dass die Keimungsbedingungen nicht günstig sind, oder darin, dass der Same selbst noch nicht fertig ausgebildet ist und erst einer längeren Samenruhe bedarf.

Mit dieser leichten Quellbarkeit der Früchte ist nun allerdings der Nachteil verbunden, dass dem Samen nur ein geringer Schutz gegen wiederholtes Anquellen und Austrocknen zuteil wird. Dass dasselbe aber einen entschieden nachteiligen Einfluss auf die Entwicklungsfähigkeit der Samen ausübt, ist durch vielfache Versuche festgestellt worden[2]). Die häufig vorkommenden Schleimzellen darf man wohl als eine Einrichtung auffassen, die den Zweck hat, eine grössere Menge Wasser festzuhalten und so wenigstens ein zu plötzliches Austrocknen des Samens zu verhindern. Dennoch kann es nicht Wunder nehmen, wenn viele Samen zu Grunde gehen. Die Natur ersetzt diesen Verlust zum Teil durch die massenhafte Ausbildung von Früchten.

Nachdem ich einmal die leichte Quellbarkeit der Compositenfrüchte festgestellt hatte, versuchte ich es, den Vorgang der Wasseraufnahme näher zu studieren. Es handelte sich vor allem um die Frage, ob besondere Teile des Perikarps und der Testa für die Leitung des Wassers nach dem Innern der Frucht geeigneter sind als andere. Wenn die Resultate dieser Untersuchungen auch meist negativer Natur

---

[1]) Man vergl. die citierte Arbeit von Nobbe und Haenlein und R. von Wettstein: Beobachtungen über den Bau und die Keimung des Samens von *Nelumbo nucifera* Gaertn. Verhandl. d. Kaiserl. Königl. zool.-bot. Gesellschaft in Wien. 38. Bd. 1888. pag. 41.

[2]) H. Will: Über den Einfluss des Einquellens und Wiederaustrocknens auf die Entwicklungsfähigkeit der Samen, zitiert nach Just, Bot. Jahresbericht 1882 I pag. 32.

und ausserdem wenig sicher sind, zumeist aus Mangel an einer zuverlässigen Methode, so will ich doch einige derselben hier anführen, um dadurch zu weiterem Studium dieser Vorgänge anzuregen.

Um zunächst festzustellen, welche Rolle das untere Ende der Frucht, mit dem dieselbe dem Körbchen aufsass, bei der Wasseraufnahme spielt, wurden mehrere Versuche ausgeführt, die wesentlich zu demselben Ergebnis führten. Einen derselben teile ich hier mit.

25 lufttrockene Früchte von *Helianthus annuus* L. wurden am unteren Ende mit Asphaltlack verklebt (A.) und zusammen mit 25 unverklebten Früchten (B.) gleichzeitig in Wasser gelegt. Die annähernde Menge des aufgenommenen Wassers ergiebt sich aus der folgenden Tabelle.

	A.	B.
Anfangsgewicht	1,082 g	1,062 g
Gewichtszunahme		
in 20 Stunden	0,572 g	0,556 g
in 43 Stunden	0,738 g	0,700 g
Verhältnis d. Wassers zum Trockengewicht		
nach 20 Stunden	0,5286	0,5236
nach 43 Stunden	0,6820	0,6591

Es zeigt sich also, dass das untere Ende der Frucht keine Bedeutung für die Wasseraufnahme hat. Dass in der That die ganze Oberfläche der Frucht das Wasser aufzunehmen imstande ist, ergab sich auch aus den unten anzuführenden Versuchen.

Um das Vordringen des Wassers in der Frucht sichtbar zu machen, benutzte ich dasselbe Verfahren, welches Bokorny[1]) angewandt hat, um die Wege des Transpirationsstromes in der Pflanze nachzuweisen. Ich legte die Früchte in eine Lösung von Eisensulfat und sorgte dafür, dass dieselben sofort allseitig benetzt wurden. Nach bestimmten Zeitabschnitten wurden die Früchte aus der Lösung genommen, oberflächlich mit Wasser abgewaschen und zerschnitten. Die Schnitte wurden mit einer Lösung von Kaliumferricyanid bedeckt, und nun zeigte das sich bildende Berlinerblau, bis zu welchem Punkte das Eisensalz vorgedrungen war. Das Bild wurde meist deutlicher, wenn nachträglich ein Tropfen Salzsäure zugesetzt oder sogleich der Kaliumferricyanid-Lösung beigegeben wurde.

[1]) Th. Bokorny: Die Wege des Transpirationsstromes in der Pflanze. Jahrbuch f. wissensch. Bot. Bd. 21, Heft 3. 1890.

Die Methode hat sehr grosse Mängel, das ist unverkennbar, aber es fehlte mir an einer besseren. Versuche, die ich in der Weise anstellte, dass ich Lösungen von Anilinfarbstoffen von den Früchten einsaugen liess, ergaben noch weniger sichere Resultate. Ich bemerke ausdrücklich, dass die hier angeführten Versuche absolut beweiskräftig nicht sind, sie sollen nur dazu beitragen, die aufgestellte Frage dem Verständnis näher zu rücken. Das Verfahren lässt uns vor allem da im Stich, wo sich Verschiedenheiten in der Menge des aufgenommenen Wassers am leichtesten konstatieren liessen, an der Grenze zwischen den lebenden und toten Geweben, wo wahrscheinlich osmotische Prozesse eine wichtige Rolle spielen. Denn wie schon angeführt, nimmt die an den Embryo grenzende Schicht, die ich als das rudimentäre Endosperm bezeichnete, das Eisensalz so gut wie garnicht auf, während das Wasser offenbar in dieselbe eindringt. Auch sonst ist man nicht sicher, dass nur da sich Wasser befinde, wo die Farbenreaktion eintritt. Dahingegen könnte man aus dem Vorhandensein des Eisensalzes in einer Zelle mit vollkommener Sicherheit nur dann schliessen, dass das Wasser durch dieselbe gegangen ist, wenn man sicher ist, dass das Salz nicht beim Schneiden oder nach demselben in jene Zelle gelangt ist. Nur oft wiederholte, sorgfältig mit einander verglichene Versuche können hier zu annähernd zuverlässigen Resultaten führen.

Klebs schreibt den Haaren und Schleimzellen eine besondere Bedeutung bei der Wasseraufnahme zu [1]). Ich habe diese Annahme nicht bestätigt gefunden. Wenn auch die Haare sehr schnell Wasser aufnehmen, so schnell, dass man den Vorgang unter dem Mikroskop direkt beobachten kann, und wenn auch das Aufquellen der Schleimzellen in kürzester Zeit geschieht, so habe ich doch nie gesehen, dass diese Organe das Wasser an die unter ihnen liegenden Gewebe ebenso schnell abgeben. Im Gegenteil habe ich bei *Chrysanthemum Myconis* L. beobachtet, dass die unter den Schleimzellen liegenden Gewebe noch weiss blieben, während an den übrigen Teilen schon mehrere Zelllagen sich färbten. Damit soll indessen die Bedeutung der Schleimzellen als Wasserreservoire nicht in Abrede gestellt werden. Nur scheint mir nicht erwiesen zu sein, dass sie die Quellung des Perikarps einleiten. Vielmehr habe ich in allen untersuchten Fällen gefunden, dass sämtliche Epidermiszellen, auch wenn sie mit einer stärkeren Cuticula bedeckt sind, das Wasser in kürzester Zeit, oft in wenigen Sekunden, aufnehmen.

[1]) l. c. pag. 586.

Was die übrigen Elemente des Perikarps anbetrifft, so muss vor allem berücksichtigt werden, dass dieselben sämtlich abgestorbene Zellen sind, die in ihrem Inhalte gewöhnlich nichts weiter als Luft führen. Wenn dieselben also Wasser aufnehmen, so kann es nur in der Weise geschehen, dass die Zellwände dasselbe imbibieren und immer wieder an die darunterliegenden Zellen abgeben. Es hat sich gezeigt, dass auf diese Weise das Wasser auch die aus stark verdickten Zellen gebildeten mechanischen Gewebe durchdringt. Es erschien mir seltsam, dass durch diesen Imbibitionsprozess so erhebliche Wassermengen in das Innere des Samens eintreten sollten, wie ich sie beobachtet habe (bis zu 80% des Trockengewichtes), noch dazu mit so grosser Schnelligkeit. Auch die Annahme, dass an der inneren Grenze der Testa sehr energisch wirkende osmotische Kräfte auftreten, erklärt die Sache nicht. Und doch ist in der grössten Mehrzahl der Fälle keine andere Deutung des Vorganges möglich, als dass durch die osmotischen Kräfte den aussen liegenden toten Zellen das Wasser entzogen wird und dass die letzteren ihre Wände immer wieder von aussen her mit Wasser imbibieren lassen.

Nur in wenigen Fällen glaube ich annehmen zu dürfen, dass noch eine zweite Kraft hinzukommt.

Die markstrahlartig angeordneten Zellen bei *Helianthus* sind hinreichend bekannt. Ist die Frucht trocken, so sind dieselben zusammengedrückt. Wenn aber bei dem Quellen des Perikarps dasselbe sich ausdehnt, so werden diese Zellen auseinandergezogen. Dadurch kann das Volumen derselben zunehmen und die Dichtigkeit der Luft in denselben abnehmen. Nun wäre es denkbar, dass durch den äusseren Überdruck Wasser in diese luftverdünnten Räume hineingepresst wird, dass dasselbe die vorhandene Luft verdrängt und dass so schliesslich ein continuierlicher Wasserstrom bis zu den lebenden Zellen hin zustande kommt. Es ist dies eine Annahme, die allerdings durch die Versuche nicht vollkommen bewiesen ist. Denn jene Zellen zeigten zwar oft eine dunklere Blaufärbung als die benachbarten mechanischen Zellen, auch war immer zu constatieren, dass die Luft ebensoweit wie die Färbung reichte, aus diesen Zellen verdrängt war; dass aber von diesen Stellen aus grössere Mengen Wasser in den Samen eindrangen, war wegen der angegebenen Eigenschaft der den Embryo umgebenden Schicht nicht ersichtlich. Versuche mit anderen Helianthoideen, die einen ähnlichen Bau haben, führten zu keinen besseren Resultaten.

Bei *Tragopogon* fand ich mitten in jedem aus Luftzellen bestehenden Höcker eine radial verlaufende Reihe sehr kleiner,

äusserst zartwandiger Zellen, die ebenfalls sich auffallend dunkel färbten, so dass die Annahme nahe liegt, dass auch hier eine Wasserbewegung durch die Lumina stattfindet. Etwas Ähnliches sah ich auch bei *Brachycome leucanthemifolia* Benth. und *Chrysanthemum coronarium* L., doch liess sich auch hier das Verhalten der Zellen bei der Wasseraufnahme nicht mit der wünschenswerten Sicherheit feststellen.

Ich unterlasse es, hier weitere Versuche anzuführen, da durch dieselben nichts gewonnen ist. Vielleicht wird es einmal gelingen, ein brauchbares Verfahren aufzufinden und dadurch die hier angeregten Fragen ihrer Lösung entgegen zu führen.

Die Untersuchungen zu der vorliegenden Arbeit wurden in der Zeit vom Oktober 1889 bis Dezember 1890 im botanischen Institut der Kgl. Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin unter Leitung des Herrn Prof. Dr. Schwendener von mir ausgeführt. Diesem meinem hochverehrten Lehrer spreche ich auch an dieser Stelle für das meiner Arbeit gewidmete Interesse, sowie für die freundlichst erteilten Belehrungen und Ratschläge meinen verbindlichsten Dank aus.

Verzeichnis
der untersuchten Arten.

(Anordnung nach Bentham und Hooker, Genera plantarum; Abweichungen sind besonders angegeben.)

Wo in der Abhandlung nur der Gattungsname genannt ist, beziehen sich die Angaben auf sämtliche hier aufgeführten Arten.

I. Vernoniaceae.

1. *Ethulia conyzoides L.*
2. *Vernonia anthelmintica (L.) W.*

II. Eupatoriaceae.

3. *Ageratum conyzoides L.*
4. *Houstonianum Mill.*
5. *Eupatorium purpureum L.*
6. *Verae-crucis Steud.*
7. *Liatris scariosa Willd.*

III. Asteroideae.

8. *Gutierrezia gymnospermoides A. Gray.*
9. *Grindelia squarrosa Dunal.*
10. *Haplopappus cycnocephalus Torr. et Gray.*
11. *rubiginosus Torr. et Gray.*
12. *Solidago Virga-aurea L.*
13. *Dichrocephala chrysanthemifolia D. C.*
14. *latifolia D. L.*
15. *Myriactis Gmelini D. C.*
16. *Brachycome iberidifolia Benth.*
17. *leucanthemifolia Benth.*
18. *ptychocarpa F. Müll.*
19. *Bellium bellidioides L.*
20. *Charieis heterophylla Cass.*
21. *Callistephus chinensis Nees.*
22. *Aster corymbosus Ait.*
23. *macrophyllus L.*
24. *serotinus Willd.*
25. *Erigeron annuus Pers.*
26. *bonariensis L.*
27. *spathulatus West.*
28. *Stenactis speciosa Cass. (B. u. H. sub Erigeron.)*

IV. Inuloideae.

29. *Micropus supinus L.*
30. *Gnaphalium involucratum Forst.*
31. *luteo-album L.*
32. *simplicicaule Willd.*
33. *Helipterum corymbiflorum.*
34. *Helichrysum ciliatum D. C.*
35. *Ammobium alatum R. Brown.*
36. *Podolepis acuminata R. Brown.*
37. *gracilis Grah.*
38. *Inula campestris Bess.*
39. *germanica L.*
40. *Helenium L.*
41. *squarrosa L.*
42. *thapsoides Spr.*
43. *hirta L.*
44. *salicina L.*

45. *Inula rhizocephala Schrenck.*
46. *Britannica L.*
47. *Carpesium cernuum L.*
48. *Buphthalmum salicifolium L.*

V. Helianthoideae.

49. *Lagascea mollis Cav.*
50. *Elvira biflora D. C.*
51. *Silphium Hornemanni Schrad.*
52. *Cyclachaena xanthiifolia Fres.*
53. *Ambrosia maritima L.*
54. *Xanthium orientale L.*
55. *Zinnia aurea Hort.*
56. *Haageana Rgl.*
57. *multiflora L.*
58. *verticillata Andr.*
59. *Sanvitalia procumbens Lam.*
60. *Heliopsis buphtalmoides Dun.*
61. *scraba Dun.*
62. *Siegesbeckia jorullensis H.B.K.*
63. *orientalis L.*
64. *Eclipta erecta L.*
65. *Sclerocarpus uniserialis Benth. et Hooker.*
66. *Rudbeckia bicolor Nutt.*
67. *californica Gray.*
68. *Tithonia tagetiflora Desf.*
69. *Helianthus annuus L.*
70. *uniflorus.*
71. *cucumerifolius Torr. et Gray.*
72. *atrorubens.*
73. *Actinomeris helianthoides Nutt.*
74. *Spilanthes abyssinica Schpr. Bip.*
75. *Acmella L.*
76. *oleracea L.*
77. *Guizotia abyssinica Cass.*
78. *Coreopsis Atkinsoniana Dougl.*
79. *bicolor Rchb.*
80. *coronata Hook.*
81. *Leptosyne Douglasii D. C.*
82. *Dahlia scapigera Lk. et Otto.*
83. *Cosmus bipinnatus Cav.*
84. *Bidens ferulaefolius D. C.*
85. *pilosus L.*
86. *Bidens radiatus Thuill.*
87. *Galinsoga brachystephana Rgl.*
88. *Madia mellosa Mol.*
89. *sativa Mol.*
90. *stellata T. et M.*
91. *racemosa.*
92. *filipes.*
93. *Tridax gaillardioides Hook. et Arn.*
94. *Laya platyglossa Gray.*
95. *Achyrachaena mollis Schauer.*

VI. Helenioideae.

96. *Baeria chrysostoma F. et M.*
97. *coronaria Gray.*
98. *Flaveria repanda Lag.*
99. *Tagetes erecta L.*
100. *patula L.*
101. *signata Bartl.*
102. *Helenium decurrens Vatke.*
103. *Hoopesii Gray.*
104. *scorzonerifolium Dcne.*
105. *pumilum.*
106. *autumnale L.*
107. *Gaillardia aristata Pursh.*
108. *pulchella Foug. v. Lorenzi Hort.*
109. *Achyropappus schkuhrioides Lk. et Otto.*

VII. Anthemideae.

110. *Anacyclus clavatus Pers.*
111. *radiatus Loisl.*
112. *Achillea Millefolium L.*
113. *grandifolia.*
114. *Anthemis altissima L.*
115. *austriaca Jacq.*
116. *Cotula L.*
117. *peregrina Willd.*
118. *ruthenica M. B.*
119. *tinctoria L.*
120. *Chrysanthemum coronarium L.*
121. *Myconis L.*
122. *segetum L.*
123. *viscosum Desf.*
124. *Pyrethrum carneum M. B.*
125. *macrophyllum Willd.*

126. *Pyrethrum corymbosum Willd.*
127. *Balsamita Willd.*
(124-127 sub *Chrysanthemum B. et H.*).
128. *Matricaria discoidea D. C.*
129. *Cotula coronopifolia L.*
130. *Soliva sessilis R. et P.*
131. *Artemisia annua L.*
132. *biennis Willd.*

VIII. Senecioideae.

133. *Cineraria alpina L.*
134. *Emilia sagittata D. C.*
135. *Senecio rupestris W. K.*
136. *sibirica Lep.*
137. *vernalis W. K.*
138. *Jacobaea L.*
139. *Gamolepis tagetes D. C.*

IX. Calendulaceae.

140. *Dimorphotheca pluvialis Moench.*
141. *Calendula maritima Guss.*
142. *persica C. A. M.*
143. *stellata Cav.*
144. *officinalis L.*
145. *Tripteris Vaillantii Dcne.*

X. Arctotideae.

146. *Sphenogyne anthemoides R. Br.* (*B. u. H. sub Ursinia*)
147. *Venidium hirsutum Harv.*

XI. Cynaroideae.

148. *Echinops commutatus Jur.*
149. *exaltatus Schrad.*
150. *Ritro L.*
151. *sphaerocephalus L.*
152. *Arctium edule (Sieb.)*
153. *maius Schk.*
154. *tomentosum Schk.*
155. *Carduus acanthoides L.*
156. *Alfredia stenolepis Kar. et Kir.* (*B. u. H. sub Carduus*)
157. *Cnicus benedictus Gaertn.*
158. *Onopordon Acanthium L.*
159. *acaule L.*
160. *Onopordon horridum Viv.*
161. *tauricum W.*
162. *virens D. C.*
163. *Silybum Marianum Gaertn.*
164. *Serratula coronata L.*
165. *radiata M. B.*
166. *Centaurea aspera L.*
167. *collina L.*
168. *depressa M. B.*
169. *diluta Ait.*
170. *eriophora L.*
171. *melitensis L.*
172. *spinulosa Rochel.*
173. *alpina L.*
174. *rubescens Bess.*
175. *Ruthenica Lam.*
176. *dealbata Willd.*
177. *atrata Willd.*
178. *Carthamus lanatus L.*
179. *tinctorius L.*

XII. Mutisiaceae.

180. *Anandria Bellidiastrum D. C.* (*B. u. H. sub Gerbera.*)

XIII. Cichoriaceae.

181. *Scolymus maculatus L.*
182. *Catananche coerulea L.*
183. *Cichorium Intybus L.*
184. *Microseris linearifolia Gray.*
185. *Hyoseris lucida L.*
186. *scraba L.*
187. *Tolpis barbata Gaertn.*
188. *Lapsana intermedia M. B.*
189. *Rhagadiolus stellatus Gaertn.*
190. *Rodigia commutata Spr.*
191. *Picris pauciflora W.*
192. *Crepis agrestis W. et K.*
193. *biennis L.*
194. *rubra L.*
195. *sibirica L.*
196. *succisifolia Tausch.*
197. *Hieracium amplexiaule L.*
198. *Blyttianum Fries.*
199. *pallescens W. K.*
200. *pratense Tausch.*

201. *Hieracium prenanthoides Vill.*
202. *rigidum Hartm.*
203. *Schmidtii Tausch.*
204. *speciosum Horn.*
205. *tridentatum Fries.*
206. *vulgatum Fries.*
207. *ramosum W. K.*
208. *compositum Lap.*
209. *Andryala cheiranthifolia Ait.*
210. *laxiflora D. C.*
211. *microcephala.*
212. *Hypochaeris taraxacifolia Loisl.*
213. *Leontodon asper Poir.*
214. *hastilis L.*
215. *Taraxacum officinale Web.*
216. *Pyrrhopappus carolinianus D. C.*
217. *Lactuca Augustana All.*
218. *capensis Thbg.*
219. *scariola L.*
220. *virosa L.*
221. *Prenanthes purpurea L.*
222. *Picridium tingitanum Desf.*
223. *Sonchus arvensis L.*
224. *Tragopogon orientalis L.*
225. *floccosus W. K.*
226. *Urospermum picroides Desf.*
227. *Scorzonera hispanica L.*
228. *villosa Scop.*

Figuren-Erklärung.

Tafel I.

Fig. 1a und 1b. Schematische Darstellung der Anordnung des mechanischen Gewebesystems in dem Perikarp, 1a in den Gruppen A 1—7, 1b in den Gruppen B 1 und 2.

Fig. 2. Teil eines Querschnittes durch Perikarp und Testa von *Carduus acanthoides* L. Da die Palissadenzellen der Testa schief gestellt sind, so erscheinen zwei Lagen derselben durchschnitten.

Fig. 3. Teil eines Querschnittes durch Perikarp und Testa von *Silybum Marianum* Gaertn.

Fig. 4. Mechanische Zellen aus dem Perikarp von *Heliopsis buphtalmoides* Dun., durch Maceration mit Schulzescher Mischung isoliert.

Fig. 5. Querschnitt durch Perikarp und Testa von *Callistephus chinensis* Nees.

Fig. 6. Längsschnitt durch dieselben.

Fig. 7. Perikarp von *Gamolepis tagetes* D. C., Querschnitt.

Fig. 8. Perikarp und Testa von *Crepis sibirica* L., Querschnitt. Die innerste Lage ist die als rudimentäres Endosperm bezeichnete.

Tafel II.

Fig. 9. Teil eines Querschnittes durch das Perikarp von *Leontodon asper* Poir.

Fig. 10. Perikarp von *Tragopogon floccosus* W. K., Querschnitt.

Fig. 11. Perikarp und Testa von *Emilia sagittata* D. C., Querschnitt.

Fig. 12. Teil eines Haares von *Sphenogyne anthemoides* in 2 durch Drehung um 90° unterschiedenen Ansichten.

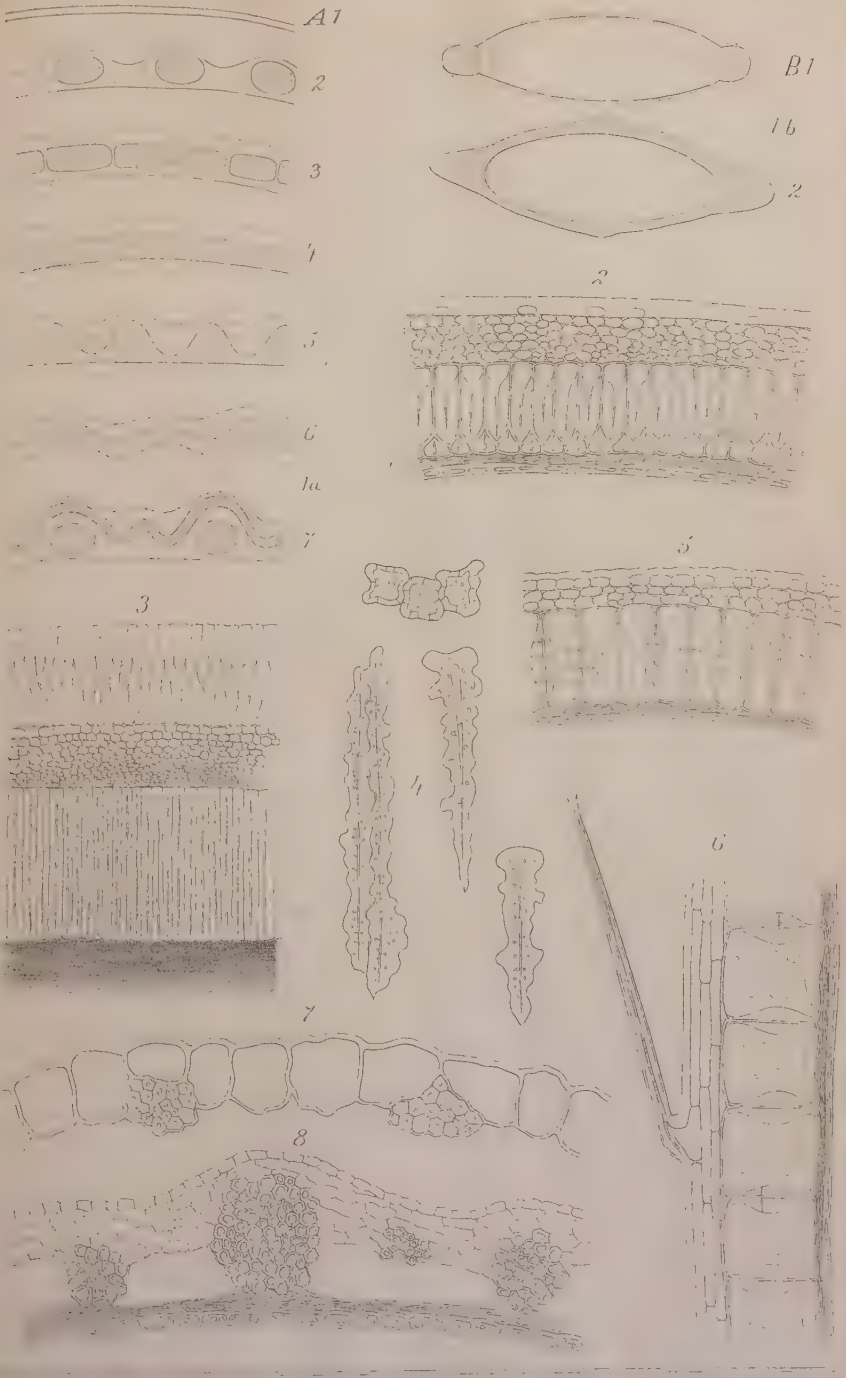
Fig. 13. Perikarp von *Podolepis acuminata* R. Brown., Querschnitt. In der Epidermis zwei Schleimsäcke.

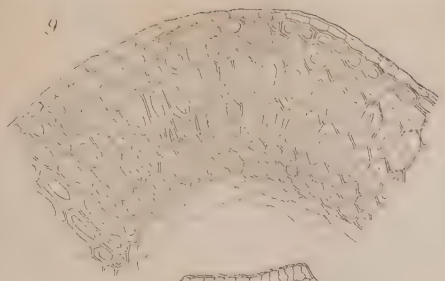
Fig. 14. Teil des Luftgewebes von *Picridium tingitanum* Def., Querschnitt.

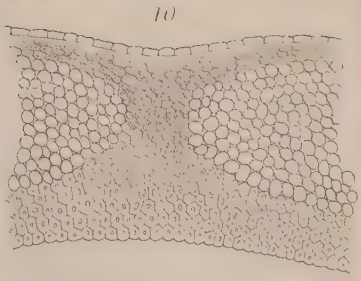
Fig. 15. Seitenkante des Perikarps von *Zinnia verticillata* Andr., Querschnitt.

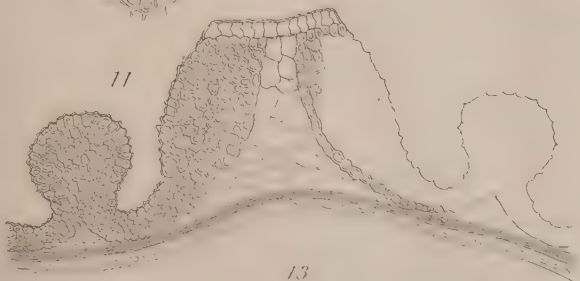
Fig. 16. Perikarp von *Heliopsis scabra* Dun., Querschnitt.

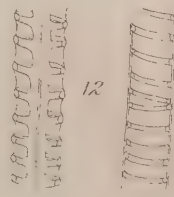
Fig. 17. Perikarp und Testa von *Anandria Bellidiastrum* D.C., Querschnitt.

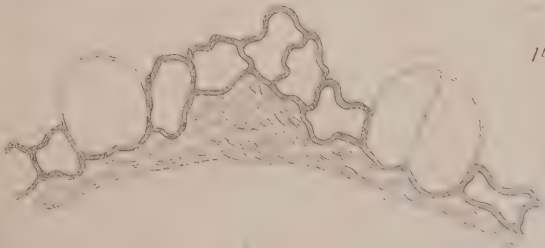

A 1
2
3
4
5
6
1a
7
B 1
1b
2
2
3
4
5
6
7
8

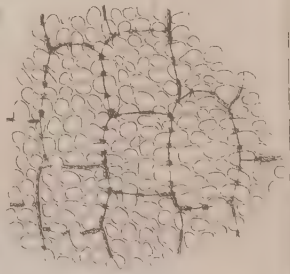

9

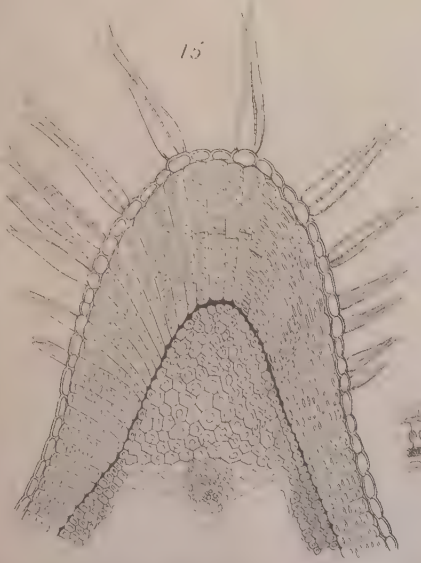

10

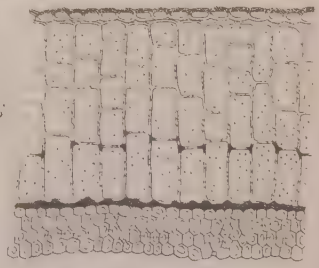

11

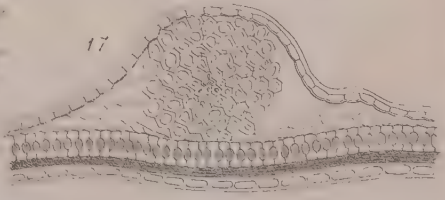

12


13


14


15


16


17

Thesen.

I.

Die Reizfortpflanzung bei *Mimosa pudica* wird nicht durch ein System zusammenhängender Protoplasten vermittelt, sondern beruht nur auf einer Störung des hydrostatischen Gleichgewichtes in den reizleitenden Zellen.

II.

Die mechanischen Einrichtungen im Bau freistehender oberirdischer Pflanzenteile bezwecken nur Herstellung von Biegungsfestigkeit, nicht Biegungsfähigkeit.

III.

Der oxalsaure Kalk in der Pflanze ist nicht immer als ein nutzloses Nebenprodukt des Stoffwechsels anzusehen.

Vita.

Natus sum Carolus Henricus Richardus Loose in urbe Marchica Neu-Ruppin a. d. IV. Id. Apr. a. h. s. LXVII. patre Carolo, matre Agnete e gente Goerbig, adhuc viventibus. Fidei addictus sum evangelicae.

Postquam per quattuor annos primis litterarum elementis imbutus sum in schola, quae tum appellabatur „Bürgerschule", per octo annos gymnasium Fridericum Guilelmum Neo-Ruppinense frequentavi. Ubi vere anni h. s. LXXXV. testimonium maturitatis adeptus sum, ordini philosophorum Universitatis Litterariae Fridericae Guilelmae Berolinensis adscriptus per undecim semestria studiis mathematicis et rerum naturalium me dedi.

Praeceptores academici mihi fuerunt viri praeclarissimi: Aron, Dieterici, Eichler (†), Engler, Foerster, Fuchs, de Helmholtz, Hettner, Hoffory, de Hofmann, Jessen (†), Knoblauch, König, Kronecker, Kundt, Landolt, Magnus, Netto, Pringsheim, Fr. Eilh. Schulze, Schwendener, Seeliger, Sell, Zeller.

Quibus ombinus optime de me meritis, imprimis autem viro celeberrimo S. Schwendener gratias ago maximas semperque habebo.